



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN REKLAMASI DI TERMINAL
UNTUK KEPENTINGAN SENDIRI LPG
REFRIGERATED, BANTEN**

MUHLIS HARYADI

NRP. 3112 105 052

Dosen Pembimbing I

Ir. Fuddoly, MSc

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakutas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN REKLAMASI DI TERMINAL
UNTUK KEPENTINGAN SENDIRI LPG
REFRIGERATED, BANTEN**

MUHLIS HARYADI

NRP. 3112 105 052

Dosen Pembimbing I

Ir. Fuddoly, MSc

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**RECLAMATION DESIGN OF SELF BENEFIT
TERMINAL FOR REFRIGERATED LPG, BANTEN**

MUHLIS HARYADI

NRP. 3112 105 052

1st Supervisor Lecturer

Ir. Fuddoly, MSc

2nd Supervisor Lecturer

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakutas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**RECLAMATION DESIGN OF SELF BENEFIT
TERMINAL FOR REFRIGERATED LPG, BANTEN**

MUHLIS HARYADI

NRP. 3112 105 052

1st Supervisor Lecturer

Ir. Fuddoly, MSc

2nd Supervisor Lecturer

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakutas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN REKLAMASI DI
TERMINAL UNTUK KEPENTINGAN
SENDIRI LPG REFRIGERATED, BANTEN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHLIS HARYADI

NIP 3112 105 052

Disetujui oleh Dosen Pembimbing:

Ir. FUDDOLY, MSc

NIP: 1961 0207 1986 0110 01

Prof. Dr. Ir. HERMAN WAHYUDI

NIP: 1955 0329 1980 0310 02



PERENCANAAN REKLAMASI DI TERMINAL UNTUK KEPENTINGAN SENDIRI LPG REFRIGERATED, BANTEN

Nama Mahasiswa : Muhlis Haryadi
NRP : 3112105052
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing I : Ir. Fuddoly, MSc.
Dosen Pembimbing II : Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi
Abstrak

Terminal LPG Refrigerated yang terletak di Tanjung Sekong, Propinsi Banten merupakan salah satu Terminal LPG Refrigerated di Indonesia yang berfungsi sebagai terminal yang menerima, menyimpan, dan menyalurkan LPG Refrigerated ke berbagai daerah di wilayah Banten dan Jawa Barat. Pada tahun 2013 Terminal LPG Refrigerated Tanjung Sekong direncanakan menambah kapasitas penyimpanan LPG Refrigerated. Pada rencana pengembangan Terminal LPG Refrigerated Tanjung Sekong akan dilakukan reklamasi di sekitar terminal yang sudah ada. Pengembangan lahan terminal ke arah laut dengan cara reklamasi ini disebabkan karena pengembangan ke arah darat tidak dapat dilakukan mengingat padatnnya kawasan di sekitar Terminal LPG Refrigerated Tanjung Sekong.

Perencanaan reklamasi pantai ini menggunakan PVD (Prefabricated Vertical Drain) untuk mempercepat penurunan tanah dan micropile ukuran 20cm x 20cm sebagai perkuatan tanah dasar. Pada arah laut lahan reklamasi yang direncanakan akan dibatasi oleh talud rubble mound sebagai pelindung lahan reklamasi. Biaya total yang dibutuhkan dalam pembangunan reklamasi ini sebesar Rp 135.485.598.000,- (Seratus tiga puluh lima milyar empat ratus delapan puluh lima juta lima ratus Sembilan puluh delapan ribu rupiah).

Kata kunci : banten, terminal LPG, reklamasi pantai, PVD, micropile, rubble mound.

RECLAMATION DESIGN OF SELF BENEFIT TERMINAL FOR REFRIGERATED LPG, BANTEN

Student : Muhlis Haryadi

NRP : 3112 105 052

Supervisor Lecturer I : 1. Ir. Fuddoly, Msc.

Supervisor Lecturer II: 2. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

Abstract

Refrigerated LPG terminal in Tanjung Sekong, Banten province, is one of Refrigerated LPG terminal in Indonesia with functions of receive, store, and distribute Refrigerated LPG into Banten and West Java area. The terminal is planned to expand its storing capacity in year 2013. The expansion plan will include of area reclamation around the existing terminal. Reclamation area is to sea direction since its imposible to reclamate into land direction caused by the dense population surrounding the terminal.

The reclamation design is using PVD (prefabricated vertical drain) to accelerate the soil settlement, and 20 x 20 cm micropile to strengthen the subgrade. Rubble mound slope is used as the area border in sea direction. and protect the reclamation area. The total cost to construct the reclamation area are IDR. 135.485.598.000,-

Keywords :banten, LPG terminal, coastal reclamation, PVD, Micropile, Rubble Mound.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan inayah Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dan tidak lupa sholawat serta salam kepada junjungan dan panutan kita Rasulullah Muhammad SAW yang telah memberikan tuntunan kepada penulis untuk tetap sabar dan ikhlas dalam menghadapi permasalahan yang ada.

Adapun Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik bagi mahasiswa sipil dalam menyelesaikan Program Studi S-1 Jurusan Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya, dengan beban studi yang ditempuh sebesar 6 sks. Tugas Akhir ini terdiri dari Delapan bab, sudah termasuk penutup. Diharapkan semua informasi yang disajikan di dalamnya dapat memberikan kontribusi secara nyata dalam bidang ketekniksipilan.

Penulis Menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk pengembangan selanjutnya. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan dapat dijadikan bahan pembelajaran.

Surabaya, Desember 2014

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Lingkup Pekerjaan	2
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Manfaat	3
1.7. Lokasi	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Gelombang	5
2.1.1. Refraksi	6
2.1.2. Defraksi	9
2.1.3. Gelombang Pecah	12
2.1.4. Peramalan Tinggi Gelombang Berdasarkan Data Angin	14
2.2. <i>Settlement</i>	21
2.2.1. <i>Immediate Settlement</i> (Penurunan Segera)	22
2.2.2. <i>Primary Consolidation Settlement</i> (Konsolidasi Primer)	23
2.2.3. Waktu Konsolidasi	25
2.3. Tinggi Timbunan	27
2.4. <i>Preloading & Surcharge</i>	27
2.5. <i>Vertical Drain</i>	28
2.5.1 Menentukan Waktu Konsolidasi dengan PVD	29
2.6. Stabilitas Tanggul Terhadap <i>Sliding</i>	35
2.6.1 Stabilitas Terhadap <i>Puncture</i>	35

2.6.2 Sliding Terhadap Sliding Rotasional	36
2.7 Berat Batuan dan Dimensi Tanggul sebagai Shore Protection	37
2.7.1 <i>Armor Layer</i>	37
2.7.2 <i>Cross Section</i>	37
2.7.3 Tebal Lapisan	38
2.7.4 Elevasi Puncak Tanggul	38
BAB III METODOLOGI	
3.1. Diagram Alir	39
3.2. Penjelasan Tahapan Metodologi	40
3.2.1 Studi Literatur	40
3.2.2 Pengumpulan Data	40
3.2.3 Analisa Data Angin	41
3.2.4 Perhitungan Tinggi Gelombang	41
3.2.5 Analisa Data Tanah	41
3.2.6 Perencanaan Reklamasi	41
3.2.7 Menghitung <i>Settlement</i> (Penurunan Tanah)	42
3.2.8 Menghitung Tinggi Timbunan Awal	42
3.2.9 Kontrol Daya Dukung	42
3.2.10 Perencanaan Tanggul	42
3.2.11 Kontrol Stabilitas Tanggul	42
3.2.12 Menghitung Volume Material	43
3.2.13 Merencanakan Metode Pelaksanaan	43
3.2.14 Menghitung RAB	43
BAB IV ANALISA DATA	
4.1 Umum	45
4.2 Peta Bathymetri	45
4.3 Data Pasang Surut	46
4.4 Data Arus	48
4.5 Analisa Data Angin	50
4.6 Analisa Gelombang	52
4.6.1 Panjang Fetch	52
4.6.2 Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam	55
4.6.3 Periode Ulang Gelombang	56
4.6.4 Deformasi Gelombang	64

4.7	Data Tanah	70
4.7.1	Analisa Data Tanah	71
BAB V PERENCANAAN REKLAMASI		
5.1	Data Perencanaan	79
5.2	Perhitungan <i>Settlement</i>	79
5.2.1	Penurunan Segera (<i>Immediate Settlement</i>)	81
5.2.2	Konsolidasi Primer (<i>Primary Consolidation</i>)	82
5.2.3	<i>Settlement</i> Total	84
5.3	Tinggi Timbunan Pada Saat Pelaksanaan	85
5.4	Perhitungan Waktu Konsolidasi Natural	88
5.5	Perencanaan <i>Vertical Drain</i>	90
5.5.1	Penentuan Jarak <i>Vertical Drain</i>	91
5.6	Analisa Stabilitas Timbunan	100
5.7	Perencanaan Cerucuk	100
5.8	Perencanaan <i>Shore Protection</i>	107
BAB VI METODE PELAKSANAAN		
6.1	Umum	115
6.2	Persiapan	116
6.3	Pemasangan <i>Micropile</i>	116
6.4	Pemasangan Tanggul Batu	117
6.5	Pemasangan <i>Instrument Soil Monitoring</i>	119
6.6	Pekerjaan Reklamasi	121
6.6.1	Pekerjaan Pengurugan Reklamasi	121
6.6.2	Pekerjaan <i>Vertical Drain</i>	121
6.6.3	Pekerjaan Pemadatan	123
6.7	Pekerjaan Pemasangan <i>Shore Protection</i>	124
6.7	Waktu Pelaksanaan	125
BAB VII RENCANA ANGGARAN BIAYA		
7.1	Umum	131
7.2	Harga Material dan Upah	131
7.3	Analisa Harga Satuan	131
7.4	Rencana Anggaran Biaya	136
BAB VIII KESIMPULAN		
8.1.	Pekerjaan Reklamasi	139
8.1.1	Perhitungan Tinggi Awal Timbunan	139

8.1.2	Perencanaan <i>Vertical Drain</i>	139
8.2.	Perencanaan <i>Micropile</i>	139
8.3.	Dimensi <i>Shore Protection</i>	140
8.4.	Rencana Anggaran Biaya	140

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman relatif (SPM, 1984)	5
Tabel 2.2	Hubungan parameter-parameter gelombang (SPM, 1984)	7
Tabel 2.3	Persamaan-persamaan untuk peramalan tinggi gelombang dengan menggunakan metode SMB untuk satuan SI (SPM, 1984)	18
Tabel 2.4	Harga-harga modulus young	22
Tabel 2.5	Harga-harga angka poisson	23
Tabel 2.6	Korelasi T_v dan U	26
Tabel 4.1	Persentase kejadian angin di Stasiun Angin Serang (1983-2012)	51
Tabel 4.2	Perhitungan panjang <i>fetch</i>	54
Tabel 4.3	Perhitungan tinggi gelombang arah Utara dengan metode Weibull	57
Tabel 4.4	Perhitungan tinggi gelombang arah Barat Laut dengan metode Weibull	58
Tabel 4.5	Perhitungan tinggi gelombang arah Barat dengan metode Weibull	58
Tabel 4.6	Perhitungan tinggi gelombang arah Barat Daya dengan metode Weibull	59
Tabel 4.7	Tinggi gelombang arah utara berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull	60
Tabel 4.8	Tinggi gelombang arah Barat Laut berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull	61
Tabel 4.9	Tinggi gelombang arah Barat berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull	61
Tabel 4.10	Tinggi gelombang arah Barat Daya berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull	61

Tabel 4.11	Koefisien perhitungan standart deviasi	62
Tabel 4.12	Rekapitulasi periode ulang gelombang	63
Tabel 4.13	Input data CMS-Wave	67
Tabel 4.14	Nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien variasi	73
Tabel 4.15	Input parameter data tanah BH 08	76
Tabel 4.16	Input parameter data tanah BH 09	76
Tabel 4.17	Input parameter data tanah BH 10	77
Tabel 5.1	Rekapitulasi <i>Settlement</i> total	84
Tabel 5.2	Hasil perhitungan H_R dan H_F akibat beban timbunan zona A	85
Tabel 5.3	Hasil perhitungan H_R dan H_F akibat beban timbunan zona B	86
Tabel 5.4	Hasil perhitungan H_R dan H_F akibat beban timbunan zona C	87
Tabel 5.5	Waktu konsolidasi zona A (di titik BH 08)	89
Tabel 5.6	Waktu konsolidasi zona A (di titik BH 09)	89
Tabel 5.7	Waktu konsolidasi zona A (di titik BH 10)	90
Tabel 5.8	Perhitungan faktor hambatan oleh PVD untuk pola pemasangan segitiga dan segiempat	91
Tabel 5.9	Hasil perhitungan derajat konsolidasi untuk pola pemasangan PVD segitiga zona A	94
Tabel 5.10	Hasil perhitungan derajat konsolidasi untuk pola pemasangan PVD segitiga zona B	95
Tabel 5.11	Hasil perhitungan derajat konsolidasi untuk pola pemasangan PVD segitiga zona C	96
Tabel 5.12	Hubungan tinggi timbunan dengan <i>safety factor</i>	100
Tabel 5.13	Elevasi puncak <i>shore protection</i> pada tiap-tiap zona	113
Tabel 5.14	Rekapitulasi dimensi <i>shore protection</i> dan pelindung kaki	113
Tabel 6.1.	Volume reklamasi untuk tiap-tiap pekerjaan	126
Tabel 6.2.	Lama pekerjaan talud (Seabed s/d +2.00 mLWS)	126

Tabel 6.3.	Lama pekerjaan talud (+2.00 mLWS s/d +4.00 mLWS)	127
Tabel 6.4.	Lama pekerjaan reklamasi (Seabed s/d +2.00 mLWS)	127
Tabel 6.5.	Lama pekerjaan reklamasi (+2.00 mLWS s/d +4.00 mLWS)	128
Tabel 6.6.	Lama pekerjaan <i>shore protection</i>	128
Tabel 6.7.	Lama pekerjaan pemasangan cerucuk	129
Tabel 6.8.	Lama pekerjaan pemasangan PVD	129
Tabel 6.9.	<i>Time schedule</i> pelaksanaan reklamasi	130
Tabel 7.1	Harga material	132
Tabel 7.2	Daftar harga upah pekerja	133
Tabel 7.3	Daftar harga sewa alat	133
Tabel 7.4	Analisa harga satuan	134
Tabel 7.5	Analisa harga satuan (lanjutan)	135
Tabel 7.6	Analisa harga satuan (lanjutan)	136
Tabel 7.7	Rencana anggaran biaya	137
Tabel 8.1	Tinggi pelaksanaan timbunan reklamasi	139
Tabel 8.2	Hasil perencanaan <i>micropile</i>	139
Tabel 8.3	Hasil perhitungan <i>shore protection</i>	140



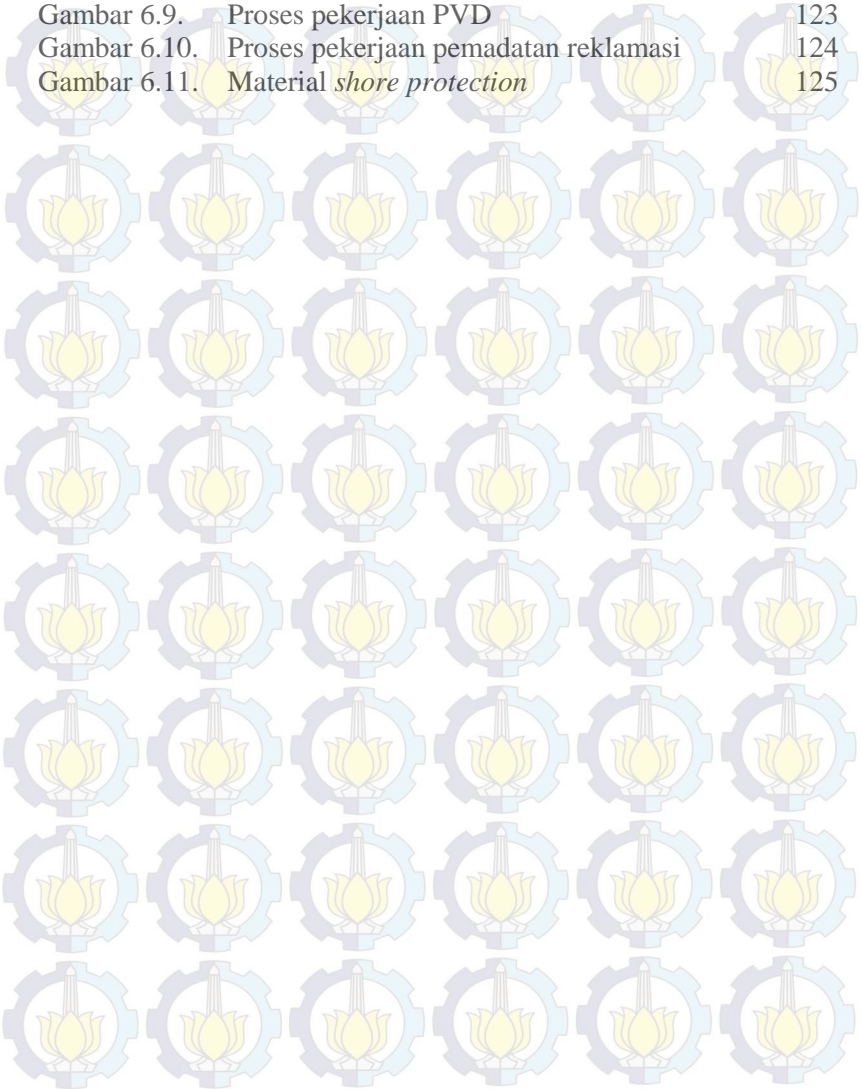
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Letak geografis Terminal Khusus LPG Propinsi Banten	4
Gambar 1.2.	Lokasi perencanaan terminal Khusus LPG Propinsi Banten	4
Gambar 2.1.	Refraksi gelombang pada pantai	8
Gambar 2.2.	Difraksi gelombang di belakang rintangan	9
Gambar 2.3.	Contoh diagram difraksi untuk <i>single breakwater</i>	11
Gambar 2.4.	Penentuan tinggi gelombang pecah (SPM, 1984)	13
Gambar 2.5.	Penentuan kedalaman gelombang pecah (SPM, 1984)	14
Gambar 2.6.	Grafik koreksi akibat perbedaan ketinggian, R_L (SPM, 1984)	19
Gambar 2.7.	Grafik koreksi akibat perbedaan temperatur, R_T (SPM, 1984)	19
Gambar 2.8.	Contoh perhitungan <i>fetch</i> efektif	20
Gambar 2.9.	Hubungan antara $F(n)$ dan D/d_w untuk kasus ideal ($F_s=F_r=0$). (<i>US Department of Transportation</i> , 1986)	31
Gambar 2.10.	Diagram ekivalen untuk PV drains	32
Gambar 2.11.	Disturbance factor (F_s) for typical parameter (<i>US Department of Transportation</i> , 1986)	32
Gambar 2.12.	Typical value of vertical discharge capacity (<i>US Department of Transportation</i> , 1986)	33
Gambar 2.13.	Grafik untuk mencari diameter dan jarak antar <i>vertical drains</i> (LCPC, 1981)	41
Gambar 3.1.	Diagram alir metodologi	40
Gambar 4.1.	Peta bathymetri wilayah Tanjung Sekong (Garmin, 2014)	46
Gambar 4.2.	Data hasil pengamatan pasang surut (Dinas Hidro-Oseanografi PRIMKOPAL HIDROS)	48

Gambar 4.3.	Grafik fluktuasi pasut terhadap pola arus, pada saat pasang perbani	49
Gambar 4.4.	Grafik fluktuasi pasut terhadap pola arus, pada saat pasang konda	49
Gambar 4.5.	<i>Current rose</i> perairan Tanjung Sekong	50
Gambar 4.6.	<i>Wind rose</i> (2000-2013)	51
Gambar 4.7.	Panjang <i>fetch</i> arah Utara	52
Gambar 4.8.	Panjang <i>fetch</i> arah Barat Laut	53
Gambar 4.9.	Panjang <i>fetch</i> arah Barat	53
Gambar 4.10.	Panjang <i>fetch</i> arah Barat Daya	54
Gambar 4.11.	Grafik tinggi gelombang berdasarkan periode ulang arah Utara, Barat Laut, Barat, dan Barat Daya	63
Gambar 4.12.	Lokasi analisa defromasi gelombang (Garmin, 2014)	65
Gambar 4.13.	<i>Mesh modeling</i> pada program SMS 10.1	66
Gambar 4.14.	Pemodelan kedalaman laut	66
Gambar 4.15.	Tinggi gelombang ekivalen arah Utara	67
Gambar 4.16.	Tinggi gelombang ekivalen arah Barat Laut	68
Gambar 4.17.	Tinggi gelombang ekivalen arah Barat	68
Gambar 4.18.	Tinggi gelombang ekivalen arah Barat Daya	69
Gambar 4.19.	Gelombang tertinggi di depan bangunan pada saat pasang (HWS)	69
Gambar 4.20.	Lokasi penyelidikan data tanah (PT. Surveyor Indonesia, 2013)	70
Gambar 4.21.	Grafik nilai N-SPT terhadap kedalaman	71
Gambar 4.22.	Grafik nilai N-SPT terhadap kedalaman di titik BH 08	74
Gambar 4.23.	Grafik nilai N-SPT terhadap kedalaman di titik BH 09	74
Gambar 4.24.	Grafik nilai N-SPT terhadap kedalaman di titik BH 10	75
Gambar 5.1.	Pembagian zona lahan reklamasi	80
Gambar 5.2.	Sketsa timbunan pada zona A	81

Gambar 5.3.	Tegangan di titik tertentu di dalam tanah akibat beban timbunan	83
Gambar 5.4.	Grafik penentuan tinggi timbunan pelaksanaan zona A	86
Gambar 5.5.	Grafik penentuan tinggi timbunan pelaksanaan zona B	87
Gambar 5.6.	Grafik penentuan tinggi timbunan pelaksanaan zona C	88
Gambar 5.7.	Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga zona A	97
Gambar 5.8.	Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga zona B	98
Gambar 5.9.	Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga zona C	99
Gambar 5.10.	Kurva untuk menentukan harga f dari berbagai jenis tanah (NAVFAC DC-7, 1971)	101
Gambar 5.11.	Grafik untuk menentukan besarnya F_M (NAVFAC DC-7, 1971)	102
Gambar 5.12.	Sketsa bidang longsor timbunan zona A	105
Gambar 5.13.	Sketsa pemasangan mikropile	106
Gambar 5.14.	<i>Layout</i> perencanaan <i>shore protection</i>	107
Gambar 5.15.	Grafik hubungan $H'o/gT_2$ dengan $R/H'o$ (U.S. Army, 1984)	112
Gambar 6.1.	Pembagian pelaksanaan pekerjaan reklamasi	115
Gambar 6.2.	Potongan melintang pemasangan micropile di bawah tanggul	117
Gambar 6.3.	Pola pemasangan micropile per meter	117
Gambar 6.4.	Sketsa pemasangan talud	118
Gambar 6.5.	Proses penghamparan material tanggul	118
Gambar 6.6.	Proses penataan material tanggul	119
Gambar 6.7.	Alat <i>settlement plate</i>	120
Gambar 6.8.	<i>Inclinometer</i>	120

Gambar 6.9.	Proses pekerjaan PVD	123
Gambar 6.10.	Proses pekerjaan pemadatan reklamasi	124
Gambar 6.11.	Material <i>shore protection</i>	125



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terminal LPG *Refrigerated* di Tanjung Sekong, Propinsi Banten merupakan salah satu terminal LPG *Refrigerated* di Indonesia yang berfungsi sebagai terminal yang menerima, menyimpan, dan menyalurkan LPG *Refrigerated* ke berbagai daerah di wilayah Banten dan Jawa Barat. Pada tahun 2013 Terminal LPG *Refrigerated* Tanjung Sekong direncanakan menambah kapasitas penyimpanan LPG *Refrigerated*. Peningkatan kapasitas penyimpanan pada Terminal LPG *Refrigerated* Tanjung Sekong diharapkan dapat memenuhi kebutuhan LPG *Refrigerated* industri di wilayah Banten dan Jawa Barat.

Terminal LPG *Refrigerated* Tanjung Sekong direncanakan akan dibangun empat unit tangki penyimpanan LPG *Refrigerated* tambahan yang merupakan bagian dari pengembangan terminal tersebut. Empat unit tangki tersebut masing-masing memiliki kapasitas 2.500 metrik ton, sehingga dibutuhkan suatu lahan yang memiliki standart jarak aman terhadap permukiman yang berada di sekitar Terminal LPG *Refrigerated* Tanjung Sekong, mengingat LPG adalah bahan yang mudah terbakar sehingga membutuhkan lahan khusus.

Pada rencana pengembangan Terminal LPG *Refrigerated* Tanjung Sekong akan dilakukan reklamasi di sekitar terminal yang sudah ada. Lahan reklamasi ini akan dimanfaatkan sebagai lokasi penempatan empat unit tangki penyimpanan LPG *Refrigerated* yang dibutuhkan dalam rencana pengembangan Terminal LPG *Refrigerated* Tanjung Sekong. Pengembangan lahan terminal ke arah laut dengan cara reklamasi ini disebabkan karena pengembangan ke arah darat tidak dapat dilakukan mengingat padatnya kawasan di sekitar Terminal LPG *Refrigerated* Tanjung Sekong. Selain reklamasi lahan, pada arah laut lahan reklamasi yang direncanakan akan dibatasi oleh tanggul.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, maka didapat beberapa permasalahan-permasalahan yang terjadi, antara lain:

1. Tidak tersedianya lahan untuk menempatkan empat unit tangki LPG yang akan dibangun. Bagaimana menyediakan lahan sebagai lokasi penempatan empat unit tangki LPG?
2. Pada saat ini Terminal LPG Tanjung Sekong hanya memiliki satu akses jalan menuju Terminal LPG Tanjung Sekong. Hal ini akan mempersulit dalam merencanakan tahapan pelaksanaan pekerjaan reklamasi. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan reklamasi?

1.3 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan antara lain:

1. Merencanakan reklamasi pada sisi laut Terminal LPG Tanjung Sekong sebagai lokasi penempatan empat unit tangki LPG.
2. Merencanakan metode dan tahapan pelaksanaan pekerjaan reklamasi dan tanggul dengan mempertimbangkan penggunaan akses dari darat dan laut.

1.4 Lingkup Pekerjaan

Adapun lingkup pekerjaan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan detail teknis lahan reklamasi yang meliputi pemilihan material reklamasi, perhitungan *settlement*, tinggi timbunan, perencanaan tanggul, dan kontrol stabilitas tanggul.
2. Merencanakan metode dan tahapan pelaksanaan pekerjaan reklamasi dan tanggul sebagai *shore protection*.
3. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB)

1.5 Batasan Masalah

Mengingat begitu banyak dan kompleksnya permasalahan yang ada, maka lingkup pembahasan dalam tugas akhir ini dibatasi sebagai berikut.

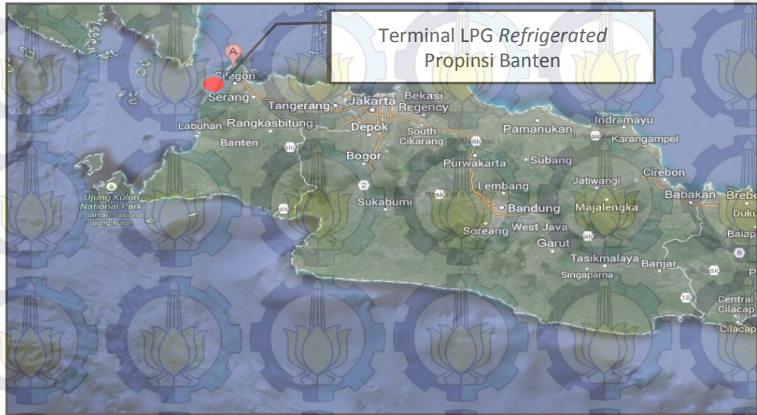
1. Layout perencanaan sudah ditentukan.
2. Tidak menghitung *secondary settlement*.
3. Data yang dipakai merupakan data sekunder
4. Tidak melakukan analisa dampak lingkungan.

1.6 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir perencanaan reklamasi Terminal LPG Tanjung Sekong ini adalah sebagai masukan yang sangat berguna bagi perencanaan reklamasi pantai lainnya.

1.7 Lokasi

Lokasi rencana pengembangan Terminal LPG terletak di Tanjung Sekong, Kecamatan Pulomerak, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Sedangkan letak geografis di $106^{\circ}0'8''$ BT dan $5^{\circ}55'18''$ LS (Gambar 1.1 dan Gambar 1.2).



Gambar 1.1 Letak geografis Terminal Khusus LPG Propinsi Banten (Google Maps, 2013)



Gambar 1.2 Lokasi perencanaan Terminal Khusus LPG Propinsi Banten (Google Maps 2013)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

Gelombang merupakan salah satu faktor utama di dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya. Gelombang dibedakan menjadi beberapa macam berdasarkan daya pembangkitnya, yaitu gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang tsunami, serta gelombang lainnya. Gelombang yang paling penting diantara beberapa gelombang tersebut adalah gelombang angin dan gelombang pasang surut.

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidaklinier, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam. Teori paling sederhana yaitu teori gelombang linier. Tabel 2.1 menunjukkan klasifikasi dari gelombang tersebut.

Tabel 2.1. Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman relatif (SPM 1984)

Classification	d/L	$2\pi d/L$	$\tanh(2\pi d/L)$
Deep water	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Transitional	$1/25$ to $1/2$	$1/4$ to π	$\tanh(2\pi d/L)$
Shallow water	$< 1/25$	$< 1/4$	$\approx 2\pi d/L$

Berdasarkan klasifikasi gelombang menurut kedalaman relatif dan nilai batas dari fungsi tanh pada Tabel 2.1, didapatkan hubungan antara parameter-parameter gelombang yang dapat di lihat pada Tabel 2.2.

2.1.1 Refraksi

Peristiwa berbeloknya gelombang akibat perubahan kedalaman air laut disebut refraksi. Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, $d/L_0 > 0,5$ yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Gambar 2.1 menunjukkan proses berbeloknya arah gelombang yang disebut dengan refraksi.

Tinggi gelombang akibat refraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_1 = K_s K_r H_0 \quad (2.1)$$

Dimana:

K_s = koefisien pendangkalan (koefisien bisa didapat dari tabel C-1 SPM 1984)

$$K_r = \text{koefisien refraksi} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}}$$

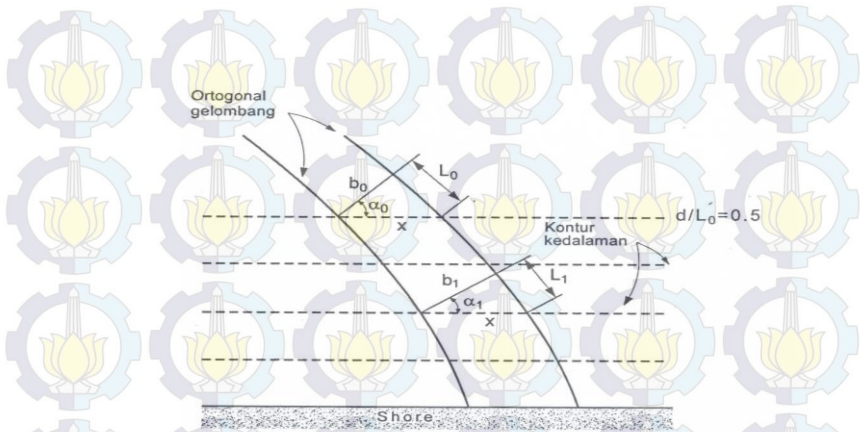
α_0 = sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar dimana gelombang melintas.

α_1 = sudut antara garis puncak gelombang melintasi kontur dasar berikutnya.

H_0 = tinggi gelombang di laut dalam.
(SPM 1984)

Tabel 2.2. Hubungan parameter-parameter gelombang (SPM 1984)

RELATIVE DEPTH	SHALLOW WATER $\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$	TRANSITIONAL WATER $\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	DEEP WATER $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
1. Wave profile	Same As	$\eta = \frac{H}{2} \cos \left[\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right] = \frac{H}{2} \cos \theta$	Same As
2. Wave celerity	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$C = C_0 = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
3. Wavelength	$L = T \sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = C_0 T$
4. Group velocity	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] \cdot C$	$C_g = \frac{1}{2} C = \frac{gT}{4\pi}$
5. Water Particle Velocity (a) Horizontal	$u = \frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{d}} \cos \theta$	$u = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$u = \frac{\pi H}{T} e^{\frac{2\pi z}{L}} \cos \theta$
(b) Vertical	$w = \frac{H\pi}{T} \left(1 + \frac{z}{d} \right) \sin \theta$	$w = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$w = \frac{\pi H}{T} e^{\frac{2\pi z}{L}} \sin \theta$
6. Water Particle Accelerations (a) Horizontal	$a_x = \frac{H\pi}{T} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$a_x = \frac{g\pi H}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$a_x = 2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi z}{L}} \sin \theta$
(b) Vertical	$a_z = -2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 \left(1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$a_z = -\frac{g\pi H}{L} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$a_z = -2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\frac{2\pi z}{L}} \cos \theta$
7. Water Particle Displacements (a) Horizontal	$\xi = -\frac{HT}{4\pi} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} e^{\frac{2\pi z}{L}} \sin \theta$
(b) Vertical	$\zeta = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} e^{\frac{2\pi z}{L}} \cos \theta$
8. Subsurface Pressure	$p = \rho g (\eta - z)$	$p = \rho g \eta \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} - \rho g z$	$p = \rho g \eta e^{\frac{2\pi z}{L}} - \rho g z$



Gambar 2.1. Refraksi gelombang pada pantai

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan refraksi adalah sebagai berikut:

1. Menghitung panjang gelombang L_0 dan kecepatan gelombang/celerity (C_0), dimana :

$$L_0 = 1,56 \times T^2$$

$$C_0 = L_0 / T, \text{ dimana } T = \text{periode gelombang}$$

2. Menghitung besar sudut arah datang gelombang.
 - a) Menentukan kedalaman di depan tanggul yang ditinjau (d)
 - b) Dihitung panjang gelombang (L) dan kecepatan jalar gelombang (C)
 - c) Dihitung besar sudut gelombang yang datang (ϕ), dengan rumus :

$$\sin \phi = \frac{C}{C_0} \times \sin \phi_0$$

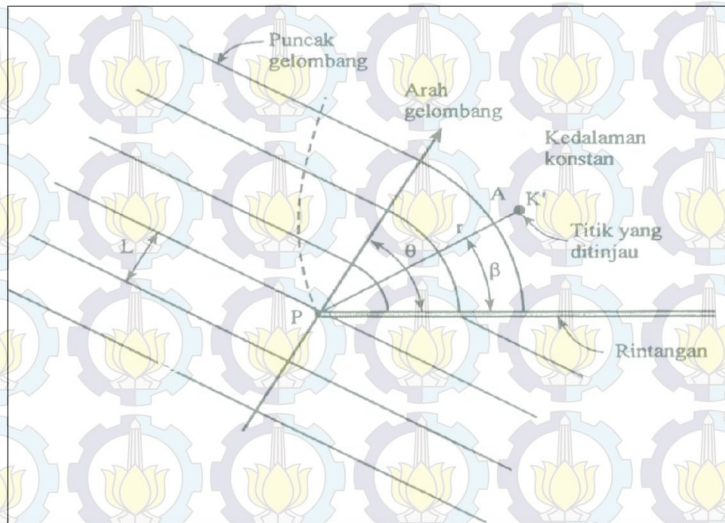
3. Mengitung tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau (H_s)

- a) Menghitung koefisien refraksi (K_r) = $\sqrt{\frac{\cos \phi_0}{\cos \phi}}$

- b) Menghitung koefisien pendangkalan (K_s), didapat dari tabel C-1 SPM 1984.
- c) Menghitung tinggi gelombang hasil refraksi (H_s) = $K_s \times K_r \times H_0$

2.1.2 Difraksi

Peristiwa pembelokan suatu gelombang yang diakibatkan gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan, seperti pemecah gelombang atau pulau. Pembelokan tersebut terjadi di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung di belakangnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Peristiwa ini juga menunjukkan adanya energi yang disalurkan di sepanjang puncak gelombang. Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang.



Gambar 2.2. Difraksi gelombang di belakang rintangan

Untuk menghitung tinggi gelombang akibat difraksi, *Shore Protection Manual* (1984) memberikan persamaan sebagai berikut:

$$H_A = K' H_p \quad (2.2)$$

Dimana:

K_s = koefisien difraksi (koefisien bisa didapat digram difraksi untuk *single breakwater* SPM 1984)

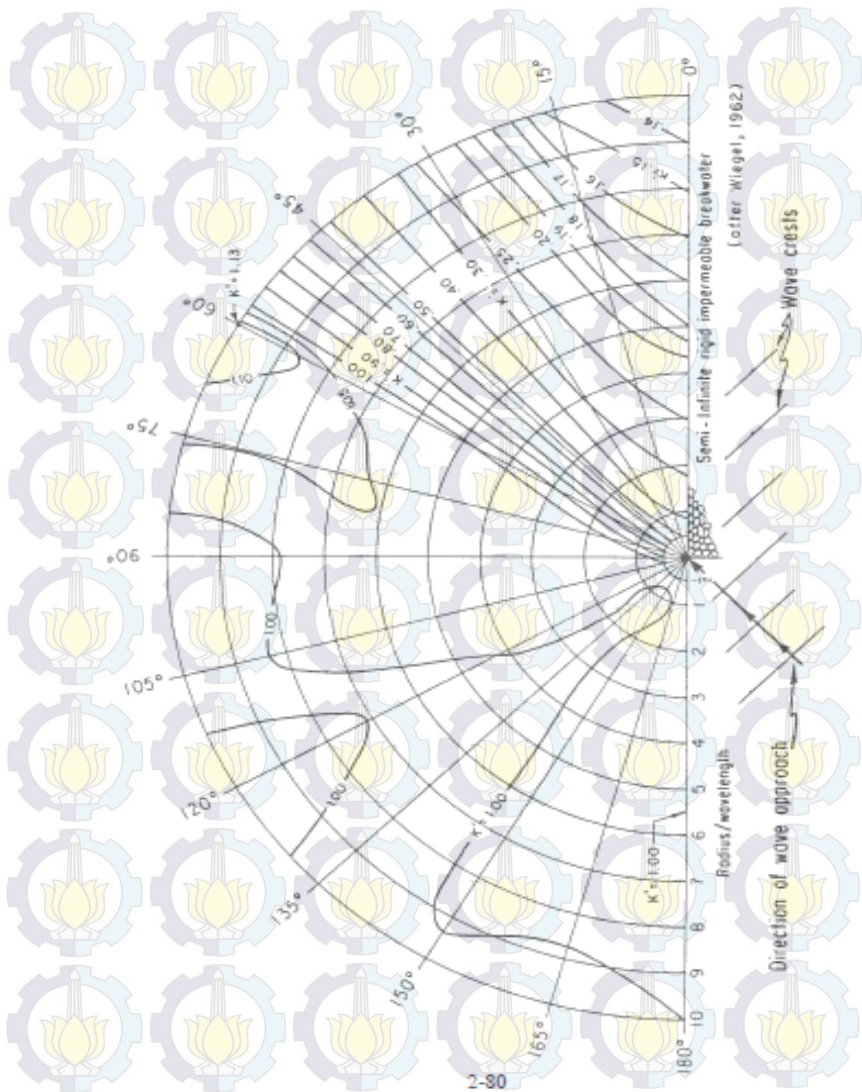
H_p = tinggi gelombang di titik P

H_A = tinggi gelombang di titik A

Dalam perhitungan koefisien difraksi, *Shore Protection Manual* (SPM, 1984) mengelempokkan tipe breakwater menjadi dua bagian, yaitu *single breakwater* dan *double breakwater*. Adapun nilai dari koefisien ini dapat ditentukan dengan bantuan diagram difraksi yang terdapat pada SPM 1984. Gambar 2.3 menunjukkan contoh diagram difraksi untuk *single breakwater*.

Dalam perencanaan reklamasi di Tanjung Sekong ini hanya dilakukan perhitungan difraksi gelombang untuk *single breakwater*. Adapun langkah-langkah perhitungan koefisien difraksi untuk *single breakwater* berdasarkan SPM (1984) adalah sebagai berikut:

- Dihitung tinggi gelombang (H) dan panjang gelombang (L) pada *breakwater*.
- Dihitung jarak titik yang ditinjau (r) dan sudutnya (θ) dari ujung *breakwater*.
- Dihitung sudut gelombang datang (ϕ).
- Dihitung harga r/L .
- Dari diagram difraksi SPM 1984 untuk *single breakwater*, dengan harga $r/L, \theta$, dan ϕ didapatkan nilai K' .



Gambar 2.3. Contoh diagram difraksi untuk *single breakwater*

2.1.3 Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang semakin lama semakin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Secara teoritis Michell (1983) memberikan batas kecuraman gelombang, dimana gelombang mulai tidak stabil, adalah sebagai berikut:

$$\frac{H_0}{L_0} = 0,142 \approx \frac{1}{7} \quad (2.3)$$

(SPM 1984)

Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3(H'_0/L_0)^{1/3}} \quad (2.4)$$

(SPM 1984)

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)} \quad (2.5)$$

(SPM 1984)

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.6)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (2.7)$$

(SPM 1984)

dengan:

H_b = tinggi gelombang pecah

H'_0 = tinggi gelombang laut dalam ekivalen

L_0 = panjang gelombang di laut dalam

d_b = kedalaman air pada saat gelombang pecah

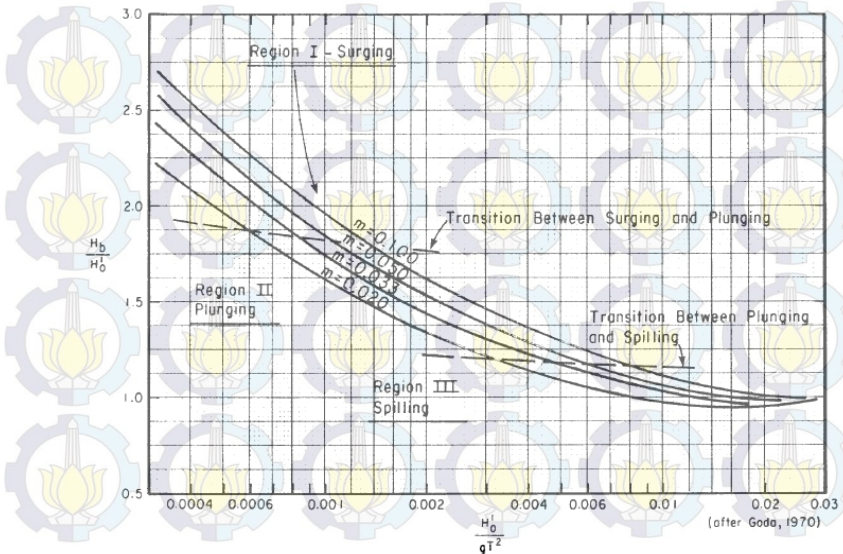
m = kemiringan dasar laut

g = percepatan gravitasi

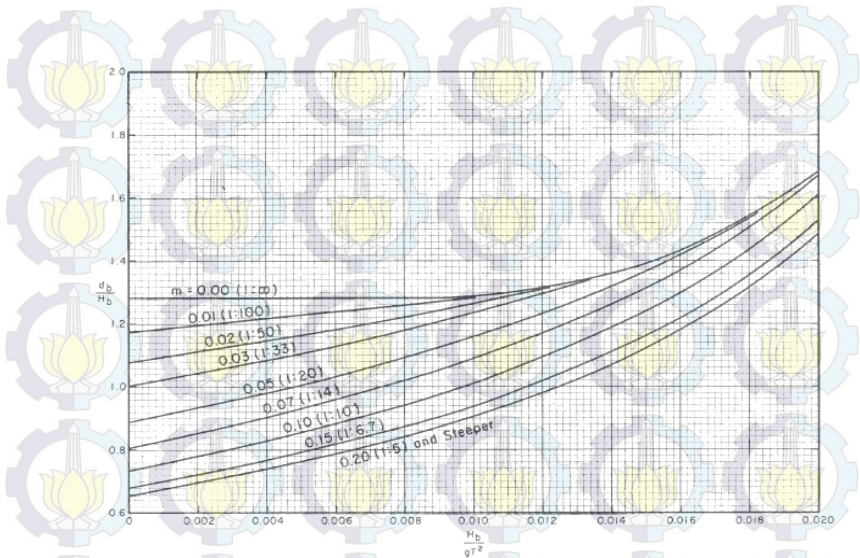
T = periode gelombang

Sudut datang gelombang pecah dihitung berdasarkan analisis refraksi pada kedalaman dimana terjadi gelombang pecah.

Penelitian yang dilakukan oleh Iversen, Galvin dan Goda (dalam *SPM*, 1984) menunjukkan bahwa H_b / H'_0 dan d_b / H_b tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kemiringan gelombang datang. Gambar 2.4, adalah grafik yang dibuat oleh Goda yang memberikan hubungan antara H_b / H'_0 dan H'_0 / gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar pantai. Sedangkan Gambar 2.5 adalah hasil penelitian Wiegell yang memberikan hubungan antara d_b / H_b dan H_b / gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar pantai. Gambar 2.4 dan 2.5 disarankan untuk digunakan di dalam hitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah.



Gambar 2.4. Penentuan tinggi gelombang pecah (*SPM*, 1984)



Gambar 2.5. Penentuan kedalaman gelombang pecah (SPM, 1984)

2.1.4 Peramalan Tinggi Gelombang Berdasarkan Data Angin

Salah satu gelombang yang sering terjadi di laut dan digunakan sebagai peramalan tinggi gelombang adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Gelombang yang terjadi di laut disebabkan oleh energi yang ditimbulkan oleh angin yang berhembus di atas permukaan laut.

Tinggi dan periode gelombang yang disebabkan oleh angin dipengaruhi oleh kecepatan angin (U_w), lama waktu angin berhembus (t_d), dan panjang *fetch* (F). Semakin besar gelombang yang terbentuk, semakin kuat dan semakin lama angin yang berhembus pada daerah pembangkitannya.

Beberapa parameter yang perlu diketahui dalam peramalan gelombang berdasarkan data angin, antara lain:

- Kecepatan rata-rata angin di permukaan air (U_w).
- Panjang daerah pembangkitan gelombang, *fetch* (F).
- Arah angin.
- Lama hembus angin pada *fetch* (t).

1. Kecepatan Angin

Perumusan untuk pembangkitan gelombang oleh angin yang digunakan adalah berdasarkan data angin di atas permukaan laut, sedangkan data-data kecepatan angin yang diperoleh berdasarkan pengukuran yang dilakukan di daratan. Oleh karena itu, diperlukan transformasi dari data angin yang diperoleh di daratan ke data angin di atas permukaan laut. Adapun perumusan-perumusannya adalah sebagai berikut:

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \quad (2.8)$$

dimana:

R_L = faktor koreksi akibat perbedaan ketinggian (lihat Gambar 2.6)

U_w = kecepatan angin di atas permukaan laut.

U_L = kecepatan angin di atas daratan.

Peralaman gelombang biasanya menggunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 meter dari permukaan tanah. Apabila kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian tersebut, kecepatan angin perlu dikoreksi dengan rumus:

$$U_{10} = U_z \times \left(\frac{10}{z}\right)^{1/7} \quad (2.9), \quad \text{untuk } z < 20 \text{ m.}$$

Sedangkan kecepatan angin yang akan digunakan untuk peramalan gelombang adalah:

$$U = R_L \times R_T \times (U_{10})_L \quad (2.10)$$

dimana:

R_L = koreksi terhadap pencatatan kecepatan angin di darat (lihat Gambar 2.6)

R_T = koreksi akibat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air (lihat Gambar 2.7)

$(U_{10})_L$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah.

Hasil dari perhitungan kecepatan angin tersebut di atas kemudian dikonversi menjadi faktor tegangan angin (U_A) dengan menggunakan rumus:

$$U_A = 0,71 \times U^{1,23} \quad (2.11)$$

2. Fetch (F)

Di dalam peramalan tinggi gelombang berdasarkan kecepatan angin, *fetch* biasanya dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. *Fetch* dapat didefinisikan sebagai panjang pembangkitan gelombang pada arah datangnya mata angin. Apabila bentuk daerah pembangkitan tidak teratur, maka untuk peramalan gelombang perlu ditentukan *fetch* efektif (F_{eff}) dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum(x_i \cos \alpha_i)}{\sum(\cos \alpha_i)} \quad (2.12)$$

dimana:

F_{eff} = *fetch* efektif

x_i = proyeksi radial pada arah angin

α_i = sudut antara jalur *fetch* yang ditinjau dengan arah angin

Gambar 2.8 Menunjukkan contoh perhitungan *fetch* efektif.

3. Peramalan Tinggi Gelombang (H_{m0})

Sverdrup-Munk (1947) memberikan prosedur perhitungan untuk meramalkan tinggi gelombang dengan mengkombinasikan rumus empiris dan analitis. Kurva peramalan gelombang Sverdrup-Munk kemudian direvisi oleh Bretshneider (1952) menggunakan data empiris. Sistem peramalan ini kemudian dikenal dengan metode SMB (Sverdrup-Munk- Bretshneider). Adapun persamaan-persamaan dari metode SMB untuk perhitungan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang, yaitu:

$$\frac{g.H_{m0}}{U_A^2} = 1,6 \times 10^{-3} \left(\frac{g.F}{U_A^2} \right)^{1/2} \quad (2.13)$$

$$\frac{g.T_m}{U_A} = 2,875 \times 10^{-1} \left(\frac{g.F}{U_A^2} \right)^{1/3} \quad (2.14)$$

$$\frac{g.t}{U_A} = 6,88 \times 10^1 \left(\frac{g.F}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (2.15)$$

Untuk *fully development seas*:

$$\frac{g.H_{m0}}{U_A^2} = 2,433 \times 10^{-1} \quad (2.16)$$

$$\frac{g.T_m}{U_A} = 8,143 \quad (2.17)$$

$$\frac{g.t}{U_A} = 7,51 \times 10^4 \quad (2.18)$$

dimana:

H_{m0} = tinggi gelombang signifikan

T_m = periode gelombang puncak

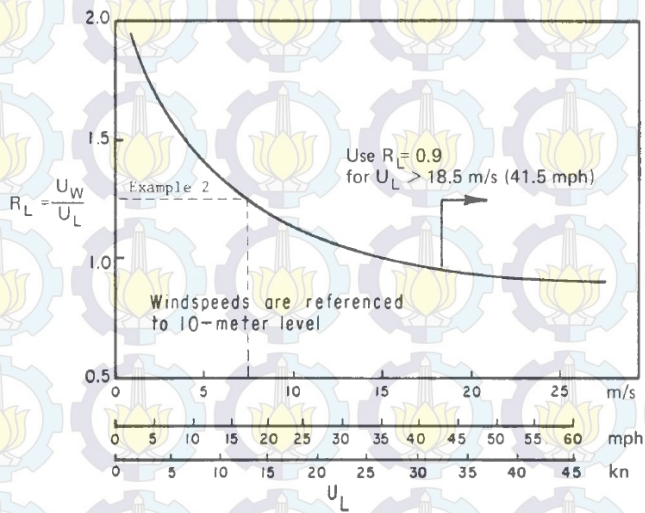
F = panjang *fetch*

U_A = faktor tekanan angin

Persamaan-persamaan diatas dapat disederhanakan dengan menggunakan satuan SI ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) menjadi persamaan-persamaan yang terdapat pada Tabel 2.3.

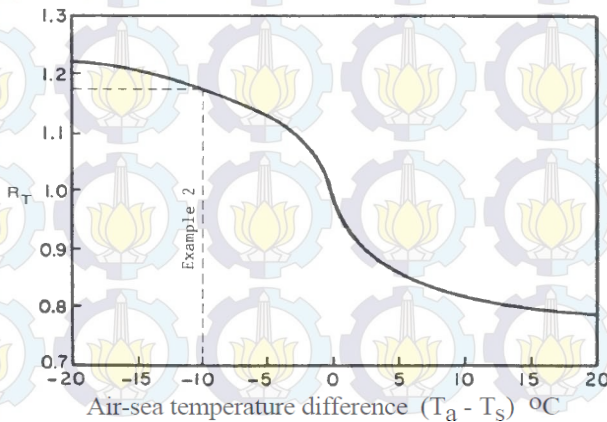
Tabel 2.3 Persamaan-persamaan untuk peramalan tinggi gelombang dengan menggunakan metode SMB untuk satuan SI (SPM 1984)

Dimensionless	Metric Units	
	$H(m), T(s), U_A(m/s), F(m), t(s)$	$H(m), T(s), U_A(m/s), F(km), t(hr)$
<u>FETCH LIMITED, (F, U)</u>		
$\frac{gH_m}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \quad (3-33)$	$H_{m_o} = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \quad (3-33a)$	$H_{m_o} = 1.616 \times 10^{-2} U_A F^{1/2} \quad (3-33b)$
$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \quad (3-34)$	$T_m = 6.238 \times 10^{-2} (U_A F)^{1/3} \quad (3-34a)$	$T_m = 6.238 \times 10^{-1} (U_A F)^{1/3} \quad (3-34b)$
$\frac{gt}{U_A} = 6.88 \times 10^1 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (3-35)$	$t = 3.215 \times 10^1 \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (3-35a)$	$t = 8.93 \times 10^{-1} \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (3-35b)$
<u>FULLY DEVELOPED</u>		
$\frac{gH_m}{U_A^2} = 2.433 \times 10^{-1} \quad (3-36)$	$H_{m_o} = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2 \quad (3-36a)$	$H_{m_o} = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2 \quad (3-36b)$
$\frac{gT_m}{U_A} = 8.134 \quad (3-37)$	$T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A \quad (3-37a)$	$T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A \quad (3-37b)$
$\frac{gt}{U_A} = 7.15 \times 10^4 \quad (3-38)$	$t = 7.296 \times 10^3 U_A \quad (3-38a)$	$t = 2.027 U_A \quad (3-38b)$
<u>NOTATIONS</u>	$g = 9.8 \text{ m/s}^2$	$g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 1 kilometer = 1000 m 1 hour = 3600 s



(after Resio & Vincent, 1977b)

Gambar 2.6. Grafik koreksi akibat perbedaan ketinggian, R_L
(SPM, 1984)



(Resio & Vincent, 1977b)

Gambar 2.7. Grafik koreksi akibat perbedaan temperatur, R_T
(SPM, 1984)



Gambar 2.8. Contoh perhitungan fetch efektif

2.2 *Settlement*

Apabila suatu lapisan tanah mengalami penambahan beban di atasnya, maka akan mengakibatkan lapisan tanah tersebut mengalami pemampatan. Pembebanan ini menyebabkan adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel tanah, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Secara umum, penurunan (*settlement*) pada tanah akibat pembebanan dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), merupakan penurunan tanah hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan segera (*immediate settlement*), merupakan penurunan tanah akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera pada umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.

Besarnya penurunan tanah total menurut Das (1988) adalah:

$$S_t = S + S_s + S_i \quad (2.19)$$

dimana:

S_t = penurunan total

S = penurunan akibat konsolidasi primer (*consolidation primer settlement*)

S_s = penurunan akibat konsolidasi sekunder (*consolidation secondary settlement*)

S_i = penurunan segera (*immediate settlement*)

Pada perhitungan perencanaan reklamasi ini penurunan akibat konsolidasi sekunder tidak diperhitungkan. Adapun alasan tidak diperhitungkannya parameter penurunan akibat konsolidasi sekunder adalah sebagai berikut:

1. Besarnya S_s sangat kecil jika dibandingkan dengan S maupun p_i .
2. Proses terjadinya konsolidasi sekunder berlangsung sangat lama.

2.2.1 Immediate Settlement (Penurunan Segera)

Penurunan segera (*immediate settlement*) pada tanah dapat dihitung dari persamaan yang diberikan oleh Biarez. Adapun bentuk persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$S_i = q \cdot \sum_i \left(\frac{h_i}{E_i'} \right) \quad (2.20)$$

dimana:

S_i = penurunan segera

q = tegangan yang bekerja pada permukaan tanah (kN/m^2)

h_i = tebal lapisan tanah i (m)

E_i' = modulus oedometrik pada lapisan i

Korelasi antara modulus young dengan modulus oedometrik adalah sebagai berikut:

$$E = E' \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu} \right) \quad (2.21)$$

dimana:

μ = angka Poisson

E_i = modulus elastisitas tanah (modulus Young)

Tabel 2.4 Harga-harga Modulus Young

Jenis Tanah	Modulus Young	
	psi	kN/m^2
Lempung lembek	250 - 500	1380 - 3450
Lempung keras	850 - 2000	5865 - 13800
Pasir lepas	1500 - 4000	10350 - 27600
Pasir padat	5000 - 10000	34500 - 69000

Tabel 2.5 Harga-harga Angka Poisson

Jenis tanah	Angka Poisson, μ
Pasir lepas	0.2 - 0.4
Pasir agak padat	0.25 - 0.4
Pasir padat	0.3 - 0.45
Pasir berlanau	0.2 - 0.4
Lempung lembek	0.15 - 0.25
Lempung agak kaku	0.2 - 0.5

2.2.2 *Primary Consolidation Settlement (Konsolidasi Primer)*

Penurunan tanah akibat konsolidasi primer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. untuk tanah terkonsolidasi normal (NC Soil)

$$S = \frac{c_s H}{1+e_0} \log \left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) \quad (2.22)$$

2. untuk tanah terkonsolidasi lebih (OC Soil),

- a. apabila $(p_0 + \Delta p) \leq P_c$

$$S = \frac{c_s H}{1+e_0} \log \left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) \quad (2.23)$$

- b. apabila $(p_0 + \Delta p) > P_c$

$$S = \frac{c_s H}{1+e_0} \log \frac{P_c}{p_0} + \frac{c_c H}{1+e_0} \log \left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_c} \right) \quad (2.24)$$

dimana:

S_i = penurunan akibat konsolidasi primer pada lapisan tanah yang ditinjau, lapisan ke-i

H_i = tebal lapisan tanah ke-i

e_0 = angka pori awal dari lapisan tanah ke-i

C_c = indeks pemampatan dari lapisan ke-i
(*compression index*)

C_s = indeks pemuaian dari lapisan ke-i (*swell index*)

P_0 = tekanan tanah vertical efektif dari suatu titik di tengah-tengah lapisan ke-i akibat beban

tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan (efektif overburden pressure)

P_c = efektif past overburden pressure, tegangan konsolidasi efektif di masa lampau.

(Das 1988)

Saat ini ntuk menghitung nilai dari indeks pemampatan (C_c) telah terdapat beberapa perumusan. Perumusan-perumusan tersebut telah dikembangkan dengan cara menguji berbagai macam jenis lempung. Adapun perumusan-perumusan tersebut adalah sebagai berikut:

- $C_c = 0,009 (W_L - 13)$ (Biarez & Favre)
- $C_c = 0,007 (W_L - 7)$ (Remolded Clay Skempton)
- $C_c = 1,15 (e_0 - 0,35)$ (All clays)
- $C_c = 0,30 (e_0 - 0,27)$ (Inorganic cohesive soil)
- $C_c = 0,0115 W_n$ (organic Soil, peats, dll)
- $C_c = 0,009 (W_L - 10)$ (Normally consolidated clays)
- $C_c = 0,75 (e_0 - 0,50)$ (Soil with low plasticity)
- $C_c = 0,156 e_0 + 0,0107$ (All clays)
- $C_c = 0,5 \cdot I_p \cdot G_s$

dengan:

W_L = batas cair %

W_N = kadar air natural lapangan

e_0 = angka pori awal lapangan

G_s = batas cair %

(Wahyudi 1997)

Untuk mendapatkan nilai indeks pemuaian (C_s) diperoleh dari:

$$C_s = \frac{1}{5} s/d \frac{1}{10} C_c$$

2.2.3 Waktu Konsolidasi

1. Lamanya Konsolidasi

Menurut Terzaghi lama waktu konsolidasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{T_v(H_{dr})^2}{C_v} \quad (2.25)$$

2. Parameter Tanah untuk Lamanya Penurunan Konsolidasi

a. Faktor waktu

Faktor waktu (T_v) didefinisikan sebagai fungsi dari derajat konsolidasi ($U\%$) dan bentuk dari distribusi tegangan air pori (u) di dalam tanah (aliran satu arah atau dua arah). Untuk tegangan air pori yang homogen hubungan T_v dan U seperti terlihat pada Tabel 2.7.

b. Panjang aliran drainase

Jika tebal lapisan *compressible* (tanah lempung) adalah H , maka panjang aliran drainase adalah H_{dr} , dimana:

$H_{dr} = 1/2 H$, jika arah aliran air selama proses konsolidasi adalah dua arah (ke atas dan ke bawah)

$H_{dr} = H$, jika arah drainase adalah satu arah (ke atas atau ke bawah). Hal ini terjadi jika di atas

atau di bawah lapisan lempung merupakan lapisan yang kedap air.

c. Koefisien konsolidasi vertikal (C_v)

Koefisien konsolidasi vertikal (C_v) didapat dari grafik hubungan antara besarnya penurunan tanah dengan waktu (t), berdasarkan hasil konsolidasi *oedometric test*, yaitu:

$$C_v = \frac{1,197(H^2)}{t_{50}} \quad (2.26)$$

Apabila tanah memiliki lapisan yang heterogen dan mempunyai beberapa nilai C_v , maka perhitungan untuk nilai C_v yang digunakan dalam perencanaan adalah harga C_v rata-ratanya (ABSI 1965):

$$C_{v\text{rata-rata}} = \frac{(\sum_i h_i)^2}{\left(\sum_i \frac{h_i}{C_{v_i}}\right)} \quad (2.27)$$

dimana:

H = Tebal total lapisan *compressible*

H_i = Tebal lapisan *compressible* lapisan ke- i

C_{v_i} = Harga C_v lapisan ke- i

Tabel 2.6 Korelasi T_v dan U

Derajat Konsolidasi $U\%$	Faktor Waktu T_v
0	0
10	0.008
20	0.031
30	0.071
40	0.126
50	0.197
60	0.287
70	0.403
80	0.567
90	0.848
100	∞

2.3 Tinggi Timbunan

Tinggi timbunan ini dibedakan menjadi tinggi timbunan kritis, tinggi timbunan rencana, dan tinggi timbunan pada saat pelaksanaan. Adapun penjelasan adalah sebagai berikut :

1. Tinggi timbunan kritis

Tinggi kritis adalah tinggi maksimal dari timbunan yang mampu didukung tanah dasar agar tidak *sliding*. Tinggi timbunan ini didapat melalui analisa stabilitas dengan menggunakan program bantu komputer “Plaxis”

2. Tinggi timbunan rencana

Ketinggian timbunan ini adalah tinggi final dari permukaan tanah timbunan yang akan direncanakan.

3. Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan

Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan fisik tidaklah sama dengan tinggi timbunan rencana. Jadi misalnya tinggi timbunan rencana adalah 3 meter, maka tinggi timbunan total pada saat pelaksanaan penimbunan haruslah lebih tinggi lagi, yaitu dengan memperhatikan adanya penurunan tanah asli *soil settlement* yang akan terjadi sebagai akibat adanya timbunan tersebut. Penentuan dari tinggi timbunan final pada saat pelaksanaan fisik (dengan memperhatikan adanya *settlement*), dapat dihitung dengan:

$$q_{final} = q = (H_{inisial} - S_c)\gamma_{sat} + S_c(\gamma_{sat} - \gamma_w) \quad (2.28)$$

$$H_{inisial} = \frac{q_{final} + (S_c(\gamma_{timb} + \gamma_w - \gamma_{sat} - \gamma_{timb}))}{\gamma_{timb}} \quad (2.29)$$

$$H_{akhir-i} = H_{awal-i} - S_{ci} \quad (2.30)$$

(Mochtar 2000)

2.4 Preloading & Surcharge

Salah satu metode untuk mempercepat terjadinya proses *settlement* adalah dengan menggunakan metode *preloading* (pra pembebanan) dan *surcharge* (beban ekstra tambahan). Metode *preloading* dan *surcharge* ini digunakan untuk menghilangkan pemampatan tanah akibat beban yang akan diberikan pada tanah

dasar. Besarnya beban *preloading* dan *surcharge* yang akan diberikan minimal sama atau lebih besar dari beban yang direncanakan. Sehingga apabila sebagian besar atau keseluruhan *settlement* sudah tercapai, maka lapisan tanah yang telah diberi beban awal tersebut dianggap sudah tidak terjadi pemampatan lagi.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan beban *preloading* dan *surcharge*. Adapun hal-hal tersebut, yaitu:

- Besar pemampatan yang harus dihilangkan
- Daya dukung tanah dasar dalam menerima beban
- Waktu yang tersedia untuk pelaksanaan *preloading*

Besarnya beban *preloading* dan *surcharge* yang akan dibebankan pada tanah dasar dibatasi oleh kemampuan daya dukung tanah dasarnya. Semakin besar beban *preloading* dan *surcharge* yang akan digunakan, semakin pendek waktu yang dibutuhkan tanah untuk memampat.

Untuk tinggi timbunan *preloading* dan *surcharge* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H' = H + \Delta H \quad (2.31)$$

$$\Delta H = S_c \times \left(\frac{\gamma_w}{\gamma_{\text{timbunan}}} \right) \quad (2.32)$$

dimana:

H' = tinggi timbunan total

H = tinggi timbunan rencana

ΔH = tinggi *surcharge*

S_c = total penurunan tanah akibat timbunan H

γ_w = berat volume air tawar/air laut

γ_{timbunan} = berat volume amaterial timbunan

2.5 Vertical Drain

Selain penggunaan metode *preloading* dan *surcharge* untuk mempercepat terjadinya proses *settlement*, adapula metode penggunaan *vertical drain*. *Vertical drain* ini berfungsi untuk mempercepat proses konsolidasi primer dengan cara mempercepat proses pengeluaran air dari dalam ruang pori tanah. Penggunaan metode *vertical drain* juga dapat dikombinasikan dengan

surcharge (beban lebih) sementara. Penggunaan *vertical drain* paling cocok untuk perencanaan timbunan tanah lempung kelanauan atau jenis tanah *compressible*.

Vertical drain diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: *sand drain*, *fabric encased sand drain*, dan *prefabricated vertical drains* (PVD).

2.5.1 Menentukan Waktu Konsolidasi dengan PVD

Barron memberikan persamaan untuk menghitung waktu konsolidasi dengan PVD sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8C_h} \right) F(n) \ln \left(\frac{1}{1-U_h} \right) \quad (2.33)$$

Persamaan di atas kemudian dimodifikasi oleh Hansbo dengan mempertimbangkan unsur-unsur *band-shape PV drains*, dan kemungkinan adanya *disturbance* dan *drain resistance effects*. Adapun persamaan yang diberikan oleh Hansbo adalah:

$$t = \left(\frac{D^2}{8C_h} \right) (F(n) + F_s + F_r) \ln \left(\frac{1}{1-U_h} \right) \quad (2.34)$$

dimana:

t = waktu tunggu mencapai U_h
 $\frac{t}{U_h}$ = derajat konsolidasi rata-rata pada kedalaman z akibat horizontal drainase

D = diameter silinder akibat pengaruh drainase (*drain influence zone*)

$D = 1,13$ s untuk *square pattern* (jaringan segiempat)

$D = 1,05$ s untuk *triangle pattern* (jaringan segitiga)

s = jarak antar *vertical drain* (*distance between the drains*)

C_h = koefisien konsolidasi untuk drainase horizontal (C_r)

$F(n) = \text{drain spacing factor} = \ln \left(\frac{D}{d_w} \right) - \left(\frac{3}{4} \right)$, lihat

Gambar 2.9.

d_w = diameter ekivalen *vertical drain*, lihat Gambar 2.10.

$$= \frac{2(a+b)}{\pi} \text{ atau } \frac{(a+b)}{2} \text{ setelah dimodifikasi, dimana:}$$

a & b adalah lebar dan tebal PV
drains yang berbentuk pipih segi empat.

Apabila dipakai *sand drain*, maka:

$d_w = d$ *vertical drain* yang bersangkutan.

F_s = faktor untuk *soil disturbance* (lihat Gambar 2.11)

$$= \left(\left(\frac{k_h}{k_s} \right) - 1 \right) \ln \left(\frac{d_s}{d_w} \right)$$

k_h = koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah
asli yang tidak terganggu (*undisturbed soil*)

k_s = koefisien permeabilitas horizontal tanah untuk
kondisi yang terganggu (*disturbed soil*)

d_s = diameter daerah yang terganggu di sekeliling
drainase

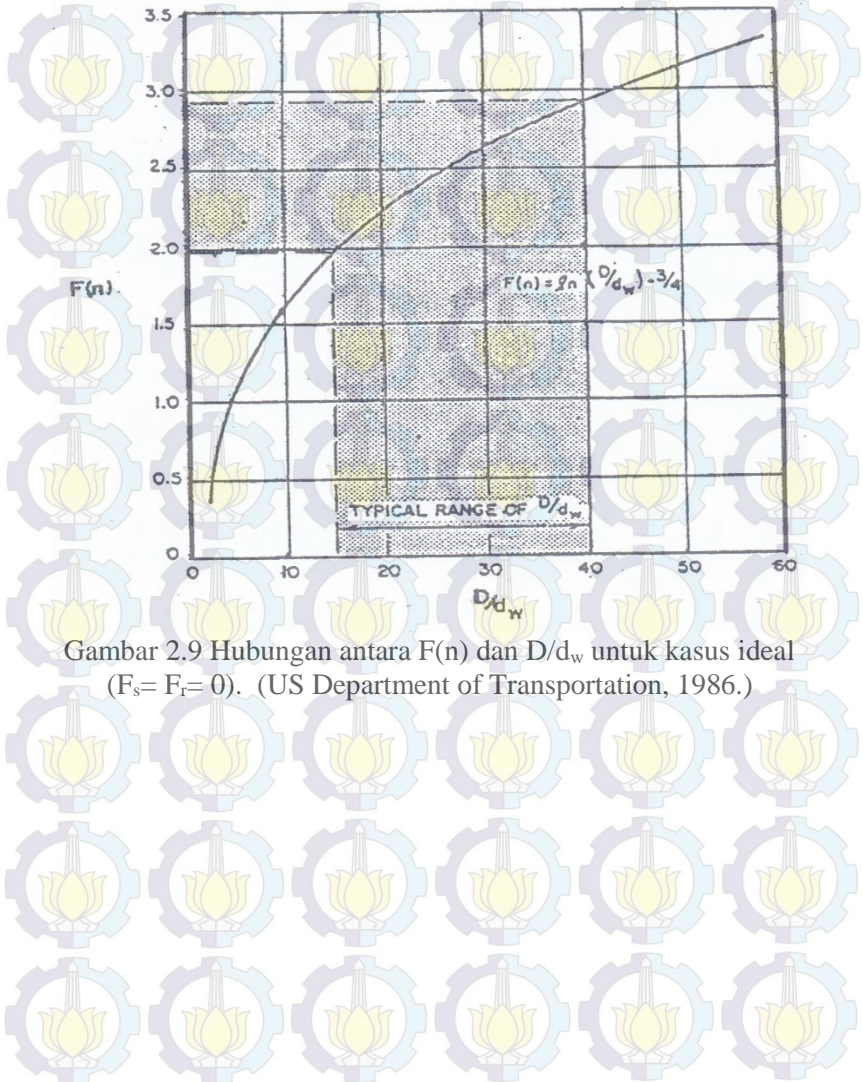
F_r = faktor untuk drain resistance = $\pi z (L-z) (k_h/q_w)$

z = jarak di bawah permukaan lapisan tanah
compressible

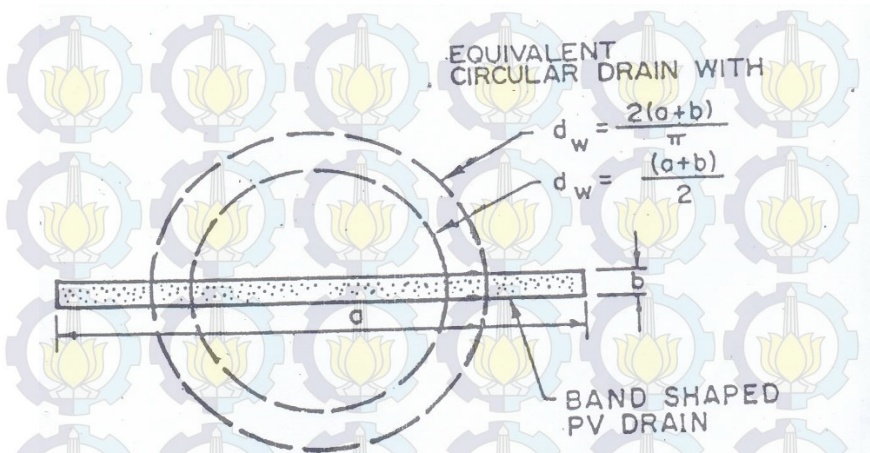
L = panjang aliran efektif *vertical drain*
= $\frac{1}{2}$ bila aliran dua arah dan 1 bila aliran satu arah

q_w = *discharge capacity of the drain*
(pada gradient = 1,0), lihat Gambar 2.12.

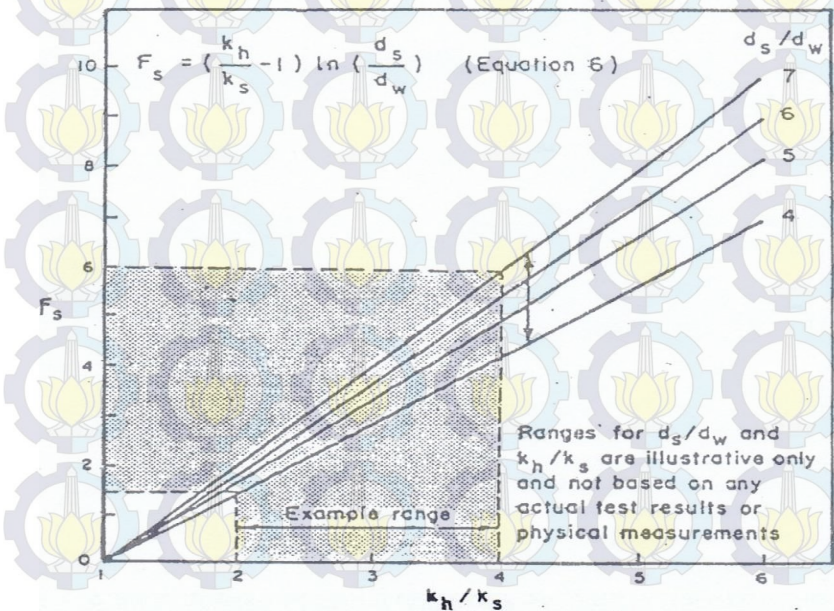
Untuk perhitungan diameter dan jarak antar *vertical drain*
yang dibutuhkan dapat dicari dengan menggunakan grafis dari
Magnan (LCPC, 1981) yang bisa dilihat pada Gambar 2.13.



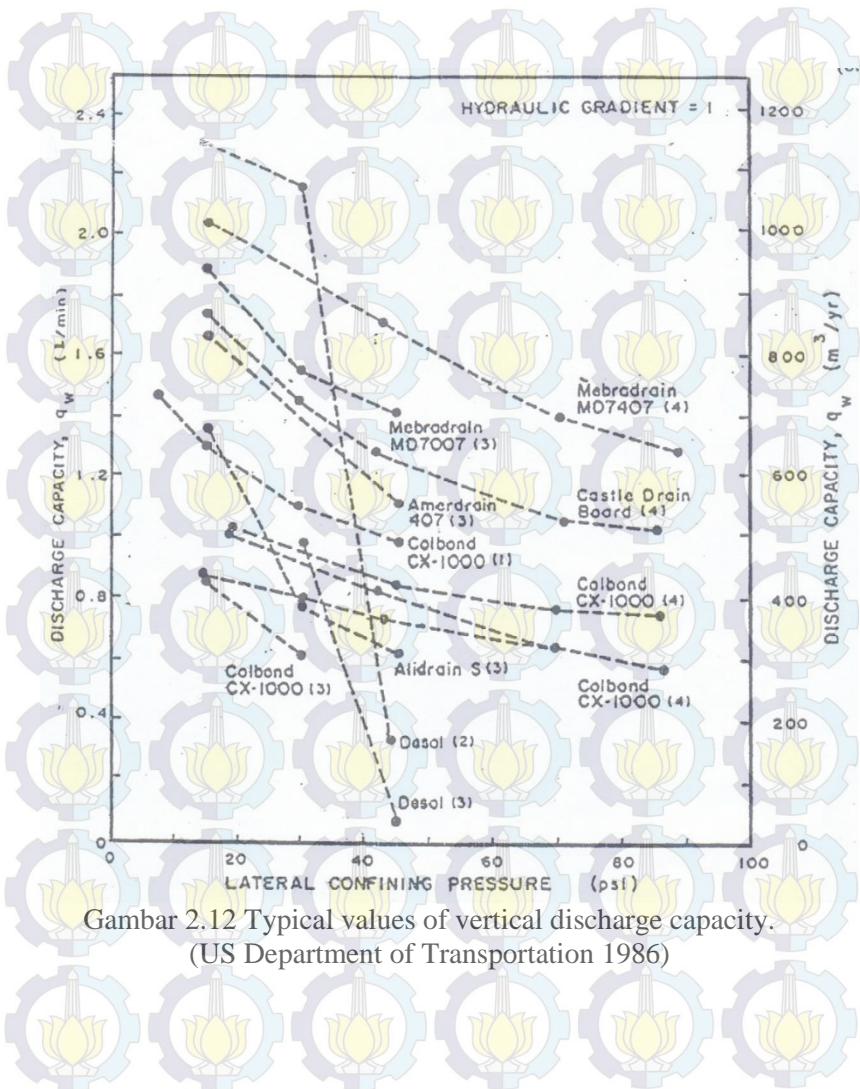
Gambar 2.9 Hubungan antara $F(n)$ dan D/d_w untuk kasus ideal ($F_s = F_r = 0$). (US Department of Transportation, 1986.)



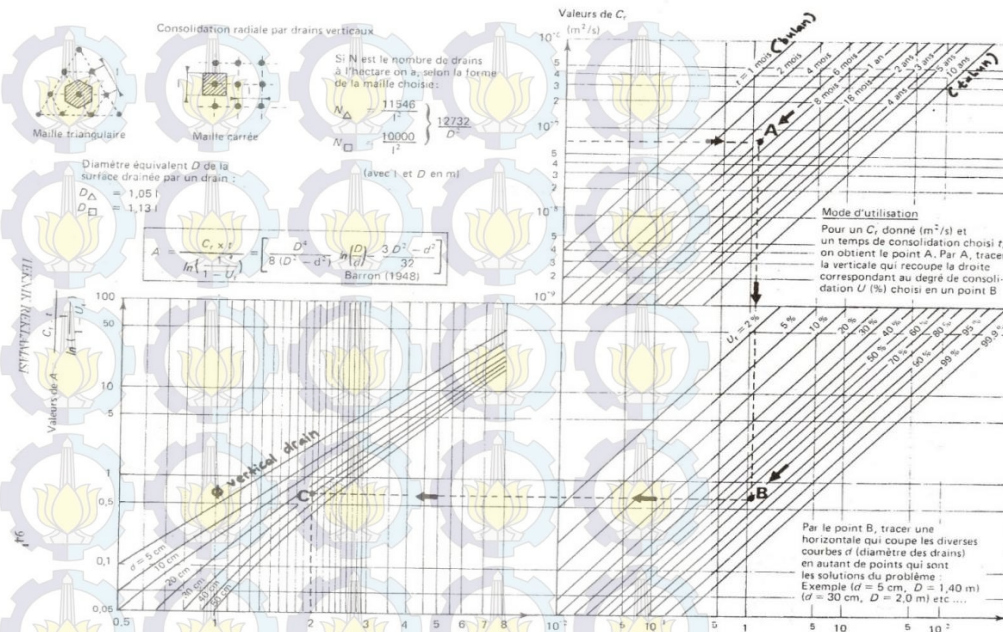
Gambar 2.10 Diameter ekuivalen untuk PV drains



Gambar 2.11 Disturbance factor (F_s) for typical parameter.
(US Department of Transportation 1986)



Gambar 2.12 Typical values of vertical discharge capacity.
(US Department of Transportation 1986)



Gambar 2.13 Grafik untuk mencari diameter dan jarak antar *vertical drain* (LCPC, 1981)

2.6 Stabilitas Tanggul Terhadap *Sliding*

Di dalam melaksanakan penimbunan reklamasi, salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah tinggi timbunan. Apabila ketinggian timbunan reklamasi terlalu tinggi, maka akan menimbulkan permasalahan baru, yaitu longsor atau *sliding*. Salah satu solusi untuk mencegah agar timbunan tidak longsor adalah pelaksanaan penimbunan tanah dilakukan secara bertahap. Untuk itu dalam perencanaan reklamasi kita perlu mengetahui tinggi timbunan maksimum yang masih terbilang aman terhadap longsor.

2.6.1 Stabilitas Terhadap *Puncture*

Stabilitas terhadap *puncture* pada prinsipnya sama dengan perhitungan daya dukung pondasi dangkal di kondisi *short term* (kondisi yang paling kritis). Faktor keamanan (F) untuk kasus di atas adalah:

$$F = \frac{\text{kekuatan penahan}}{\text{kekuatan penggerak}} = \frac{(\pi+2)C_u}{\gamma.H_t} \quad (2.35)$$

Jika timbunan reklamasi relatif sangat lebar bila dibandingkan dengan tebal lapisan *compressible*, maka:

$$F = \frac{C_u.N_c}{\gamma.H_t} \quad (2.36)$$

dengan:

- γ, H_t = berat volume dan tinggi timbunan reklamasi
- C_u = *cohesi undrained* (harus dikoreksi terlebih dulu dengan faktor koreksi dari Bjerrum, 1973: μ , sehingga $C_u \text{ design} = \mu.C_u \text{ lapangan}$).
- N_c = koefisien daya dukung yang tergantung dari B/h (Mandel dan Salençon, 1969), dengan B = lebar timbunan dan h = tebal *compressible soil*.

2.6.2 Stabilitas Terhadap Sliding Rotasional

Rupture circular telah dibahas oleh Fellenius dan kemudian dibahas lebih detail oleh Bishop. Formula dari Bishop apabila diterapkan untuk kasus timbunan diatas tanah lunak, menjadi:

$$F = \frac{\sum_A^B (C_R \cdot b + W \cdot \tan \phi_R) \frac{1}{\cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi_R}{F} \right)}}{P \cdot d} \cdot R$$

Berdasarkan pengalaman, faktor ketahanan geser dari timbunan reklamasi, hanya berperan 10% dari total. Oleh karena itu, formula tersebut dapat disederhanakan menjadi:

$$F = \frac{BC \cdot C_u \cdot R}{P \cdot d} \geq 1,3 - 1,5 \quad (2.37)$$

dengan:

BC = panjang bidang gelincir B s/d C di compressible soil,

R = jari-jari bidang gelincir *rupture circular*,

P = jumlah atau resultante gaya penggerak akibat timbunan,

D = jarak antara P dengan sumbu titik putar 0.

Saat ini telah banyak digunakan program komputer untuk perhitungan stabilitas lereng terhadap *rupture circular* (*sliding rotasional*) misal: STABL, STABR, NIXEX & TROLLS, Plaxis dan lain-lain. Hasil yang diperoleh jelas lebih akurat dan terperinci, sehingga dari perhitungan program-program komputer tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara: *safety factor* F (minimum atau rata-rata), slope ($\tan \beta$) dan tinggi timbunan reklamasi H.

2.7 Berat Batuan dan Dimensi Tanggul Sebagai *Shore Protection*

Dalam perencanaan reklamasi ini, tanggul direncanakan dapat melindungi tanah reklamasi agar tidak lepas ke laut bebas akibat gelombang dan arus yang secara terus menerus mengenai tanah reklamasi. Untuk menanggulangi terjadinya *scouring* di kaki tanggul maka di kaki tanggul dipasang *berm*. Sebelum itu di bawah atau dibalik baru dipasang *filtercloth* berupa *geotextile nonwoven* sehingga air tetap bisa mengalir tetapi tidak untuk material reklamasi. Untuk perhitungan tanggul laut digunakan “Hudson Formula”.

2.7.1 Armour Layer

Adapun perumusan dari Hudson yang dapat digunakan untuk menghitung berat *armour layer* adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_r}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (2.38)$$

dimana:

W = berat *armour* (ton)

γ_r = berat jenis *armour* (=2,50 ton/m³)

H_s = tinggi gelombang *significant* (m)

K_D = koefisien kerusakan, kerusakan yang dapat diterima berkisar 0 – 5 %

S_r = berat jenis relatif batu = γ_r / γ_w

γ_w = berat jenis air laut (=1,025 ton/m³)

θ = sudut kemiringan tanggul

2.7.2 Cross Section

Lebar puncak tanggul (B) diberikan oleh Hudson dengan menggunakan perumusan sebagai berikut:

$$B = n \cdot K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (\text{meter}) \quad (2.39)$$

dimana:

n = jumlah *armour unit* pada puncak tanggul,

K_{Δ} = *packing coefficient* = 1,02

W = 60 kg (misal)

γ_r = 2.500 kg/m³

2.7.3 Tebal Lapisan

Tebal masing-masing lapisan dapat dihitung dengan menggunakan perumusan Hudson di bawah ini:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (2.40)$$

Untuk lebih aman maka yang perlu diperhatikan adalah tebal masing-masing lapisan minimum 2 kali diameter batu dan berat jenis batu harus 2,5 ton/m

2.7.4 Elevasi Puncak Tanggul

Elevasi puncak *breakwater* terhadap LWS, dipengaruhi oleh faktor-faktor:

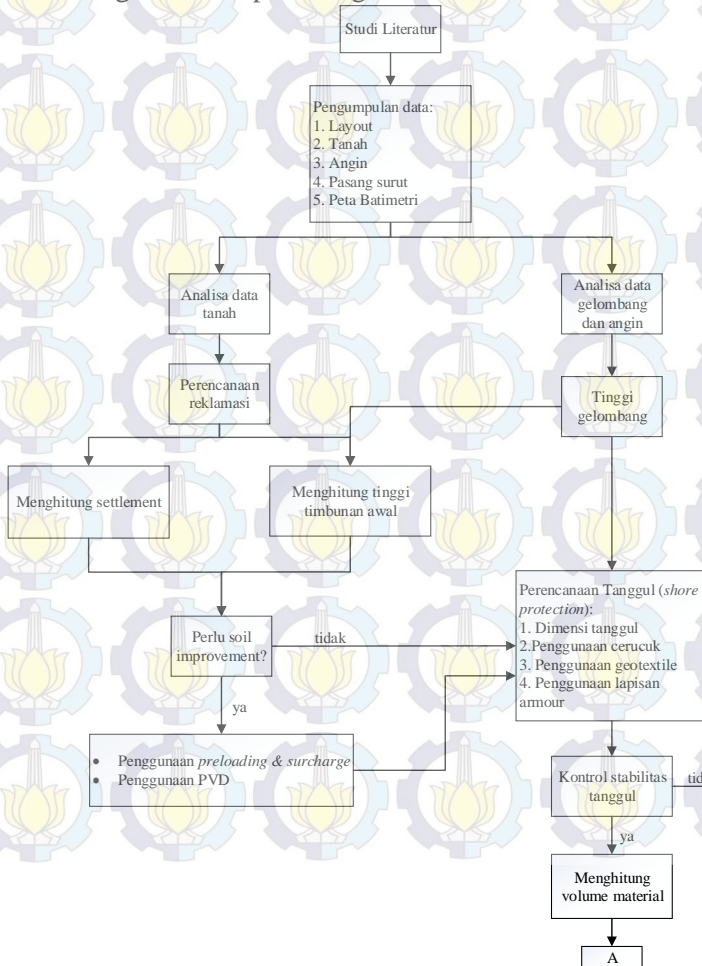
- Pasang surut
- *Storm Surge Elevation*
- *Wave Run-Up*
- Daerah bebas
- *Settlement*

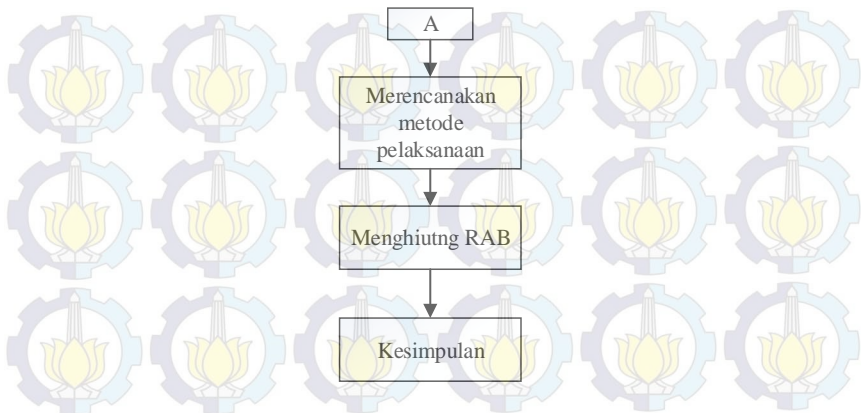
Jadi elevasi puncak tanggul merupakan penjumlahan nilai-nilai dari faktor-faktor di atas.

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram alir

Secara garis besar langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir tentang Perencanaan Reklamasi Terminal LPG Di Propinsi Banten digambarkan pada diagram alir di bawah ini:





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.2 Penjelasan Tahapan Metodologi

Adapun penjelasan mengenai tahapan pengerjaan Tugas Akhir ini, yang terdapat pada bagan alir adalah sebagai berikut :

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memperoleh informasi-informasi yang akan digunakan sebagai dasar dalam melakukan perencanaan.

3.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari data sekunder. Adapun data-data yang diperlukan, yaitu:

1. *Layout* area yang akan direklamasi
2. Data tanah berupa data *boring log* dan SPT
Data tanah ini berguna untuk menghitung *settlement* dan daya dukung tanah dasar.
3. Data angin
Data angin diperlukan dalam penentuan distribusi arah angin dan kecepatan angin yang terjadi di lahan reklamasi maupun sekitarnya.
4. Data pasang surut

Data pasang surut diperlukan untuk mengetahui LWS, HWS, MHWL, MLWL, LWL, dan HWL yang akan digunakan untuk perencanaan dimensi tanggul sebagai *shore protection*.

5. Peta Bathimetri

Dari peta bathimetri dapat diketahui kedalaman dasar laut. Kedalaman dasar laut ini dapat digunakan dalam menentukan volume timbunan tanah untuk lahan reklamasi.

3.2.3 Analisa Data Angin

Data angin diolah dan ditampilkan dalam bentuk diagram yang disebut dengan *wind rose*. Adapun langkah-langkah membuat *wind rose* adalah sebagai berikut:

1. Data angin dikelompokkan berdasarkan arah dan kecepatannya.
2. Dihitung prosentase untuk tiap-tiap arah dan kecepatannya, dan ditampilkan dalam bentuk tabel
3. Dibuat gambar *wind rose* berdasarkan hasil perhitungan yang ada pada tabel tersebut.

3.2.4 Perhitungan Tinggi Gelombang

Untuk perhitungan tinggi gelombang didapatkan dari peramalan gelombang berdasarkan data angin yang ada.

3.2.5 Analisa Data Tanah

Analisa data tanah bertujuan untuk mendapatkan parameter tanah yang nantinya akan digunakan untuk menghitung tinggi timbunan dan pemampatan (*settlement*).

3.2.6 Perencanaan Reklamasi

Dalam merencanakan lahan reklamasi, dilakukan perhitungan mengenai tinggi timbunan dan pemampatan (*settlement*) yang akan terjadi.

3.2.7 Menghitung Settlement (Penurunan Tanah)

Perhitungan *settlement* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar *settlement* yang terjadi dan lamanya waktu *settlement*. Nilai dan waktu *settlement* dihitung berdasarkan tiga metode perencanaan, yaitu :

1. Penimbunan langsung
2. Penimbunan dengan preloading
3. Penimbunan dengan menggunakan PVD (*Prefabricated Vertical Drains*)

3.2.8 Menghitung Tinggi Timbunan Awal

Tinggi timbunan awal didapatkan dari grafik yang menggambarkan hubungan antara tinggi timbunan awal dan tinggi timbunan akhir dan *settlement* yang terjadi. Perhitungan tinggi timbunan awal perlu dilakukan agar diperoleh tinggi timbunan akhir yang akan direncanakan dengan memperhatikan *settlement* yang terjadi.

3.2.9 Kontrol Daya Dukung

Perhitungan kontrol daya dukung tanah dasar menggunakan program bantu komputer *dx-stable*. Pada perhitungan kontrol daya dukung tanah ini nantinya akan dilihat apakah *safety factor* yang terjadi sudah sama dengan *safety factor* yang direncanakan.

3.2.10 Perencanaan Tanggul

Tanggul berfungsi sebagai pelindung (*shore protection*) agar material timbunan lahan reklamasi tidak tergerus oleh arus laut. Dalam perencanaan tanggul ini dilakukan perhitungan dimensi dan stabilitas dari tanggul.

3.2.11 Kontrol Stabilitas Tanggul

Kontrol stabilitas tanggul dilakukan dengan menggunakan program *Plaxis* untuk mengetahui apakah tanggul yang

direncanakan telah mencapai angka keamanan (*Safety factor*) yang ditentukan.

3.2.12 Menghitung Volume Material

Perhitungan volume material dimaksudkan untuk mengetahui jumlah material yang dibutuhkan untuk melaksanakan reklamasi.

3.2.13 Merencanakan Metode Pelaksanaan

Dalam perencanaan reklamasi ini dilakukan perencanaan metode pelaksanaan agar perencanaan reklamasi ini nantinya dapat dilakukan dengan seoptimal dan seefisien mungkin.

3.2.14 Menghitung RAB

Setelah diketahui jumlah volume material yang dibutuhkan dan metode pelaksanaan yang telah direncanakan kemudian dihitung anggaran yang dibutuhkan dalam perencanaan reklamasi tersebut.



BAB IV ANALISA DATA

4.1. Umum

Pada awal tahapan perencanaan reklamasi Terminal Khusus Tanjung Sekong ini terlebih dahulu dilakukan pengumpulan dan analisis data yang ada. Data-data yang dipergunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder, antara lain: data peta bathymetri, pasang surut, arus, angin dan tanah.

4.2. Peta Bathymetri

Peta bathymetri adalah peta yang menyajikan kedalaman air dan konfigurasi topografi bawah laut, umumnya mempunyai sistem koordinat yang bereferensi pada sistem koordinat peta topografi. Kegunaan dari peta ini untuk perencanaan lahan reklamasi adalah:

- Mengetahui kedalaman perairan dan bentuk kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan tinggi timbunan tanah dari lahan reklamasi.
- Mengetahui volume timbunan yang dibutuhkan.

Analisa Data Peta Bathymetri

Dari peta bathymetri terlihat bahwa lahan reklamasi direncanakan berada di sekitar perairan Tanjung Sekong yang memiliki kedalaman antara ± 0 mLWS sampai -4 mLWS. Kondisi perairan yang menjorok ke daratan menjadikan lahan reklamasi terlindung oleh daratan yang berada di sekitar perairan tersebut. Peta bathymetri dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Peta bathymetri wilayah Tanjung Sekong
(Garmin, 2014)

4.3. Data Pasang Surut

Pasang surut merupakan fluktuasi muka air laut yang disebabkan karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Pada saat posisi bumi, bulan, dan matahari berada pada satu garis maka akan menghasilkan serangkaian pasang surut dengan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif tinggi (*Spring Tide*). Hal ini disebabkan gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi saling memperkuat. Berbeda halnya jika bulan ada pada sudut 90° dari garis bumi dan matahari yang menghasilkan serangkaian pasang surut dengan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif rendah (*Neap Tide*).

Metode penentuan komponen pasang surut pertama kali diperkenalkan oleh Dodson (1930), dan disempurnakan lebih

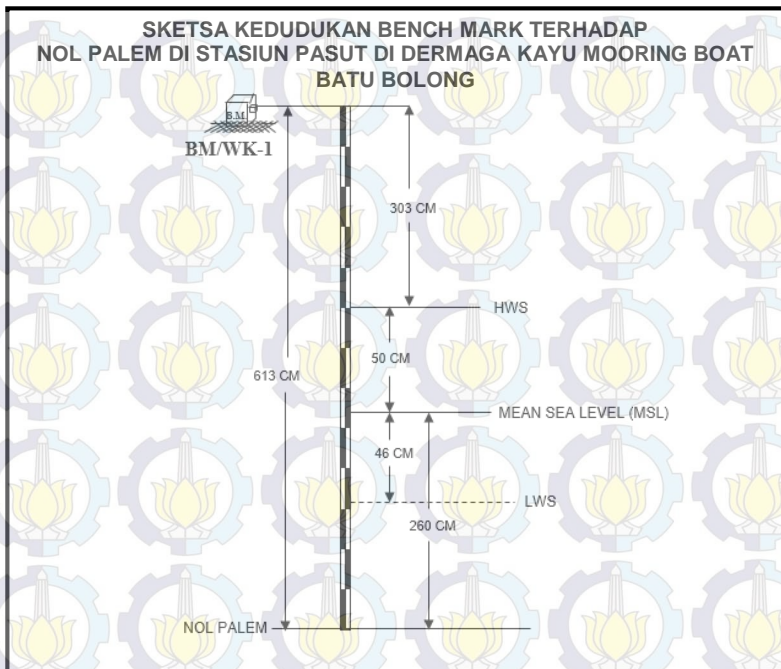
detil dengan metode Admiralty. Komponen penting yang perlu diketahui sebagai hasil analisis data pasang surut adalah:

- *Low Water Spring (LWS)* : merupakan hasil perhitungan level muka air rata-rata terendah (surut), disebut juga *Mean Low Water Surface (MLWS)*
- *Mean Sea Level (MSL)* : merupakan elevasi rata-rata muka air pada kedudukan pertengahan antara muka air terendah dan tertinggi
- *High Water Spring (HWS)* : merupakan elevasi rata-rata muka air tertinggi (pasang), disebut juga *Mean High Water Surface (MHWS)*

Analisa Data Pasang Surut:

Dari hasil pengamatan pasang surut yang dilakukan selama bulan Februari 2010 didapatkan data, dapat dilihat pada Gambar 4.2, sebagai berikut:

- Beda pasang surut sebesar 0,96 m di atas mLWS
- Elevasi HWS (*High Water Spring*) pada +0,96 mLWS
- Elevasi MSL (*Mean Sea Level*) pada +0,46 mLWS
- Elevasi LWS (*Low Water Spring*) pada $\pm 0,00$ mLWS

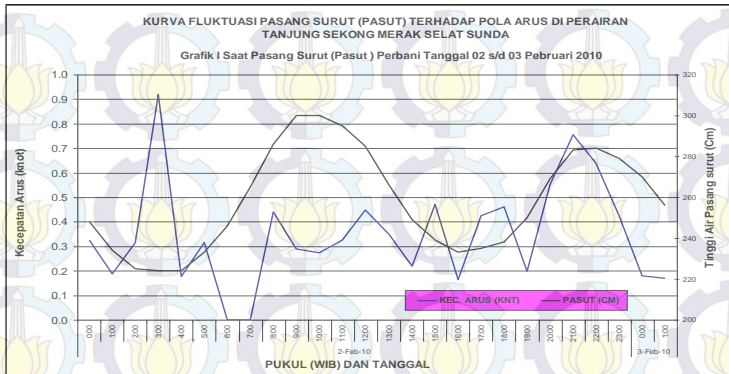


Gambar 4.2. Data hasil pengamatan pasang surut (Dinas Hidro-Oseanografi PRIMKOPAL HIDROS)

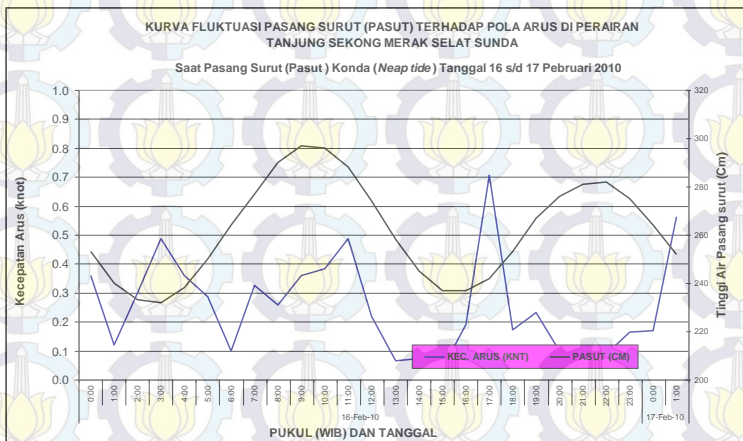
4.4. Data Arus

Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang surut antara lokasi yang satu dengan lokasinya (*longshore current*) dan perbedaan muka air oleh gelombang (*rip current*).

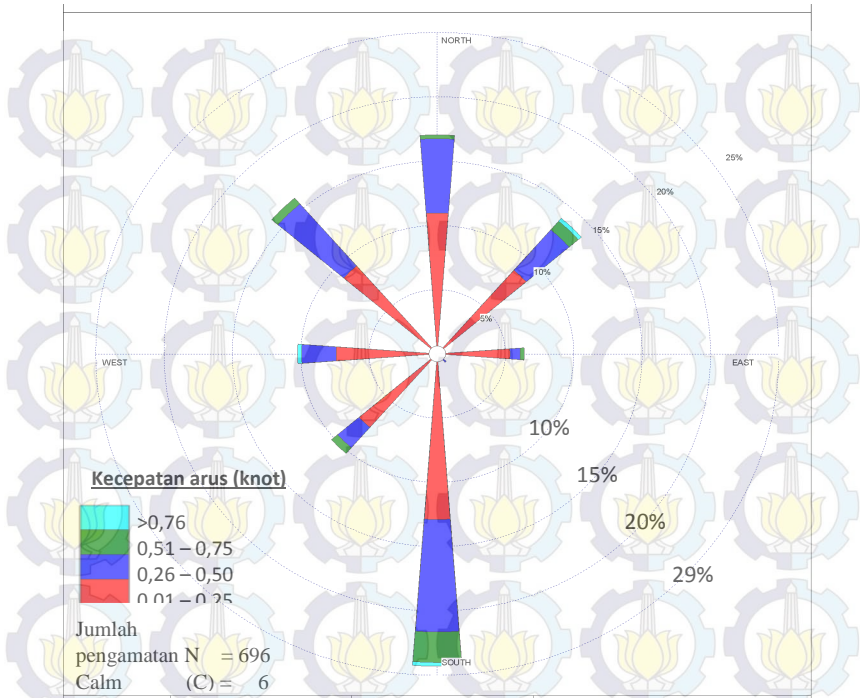
Pola fluktuasi kejadian arus saat terjadinya pasang surut perbani dan pasang surut mati tertera pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Adapun data *currentrose* untuk perairan di Tanjung Sekong dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.3. Grafik fluktuasi pasut terhadap pola arus, pada saat pasang perbani



Gambar 4.4. Grafik fluktuasi pasut terhadap pola arus, pada saat pasang konda



Gambar 4.5. *Currentrose* perairan Tanjung Sekong

Analisa Data Arus:

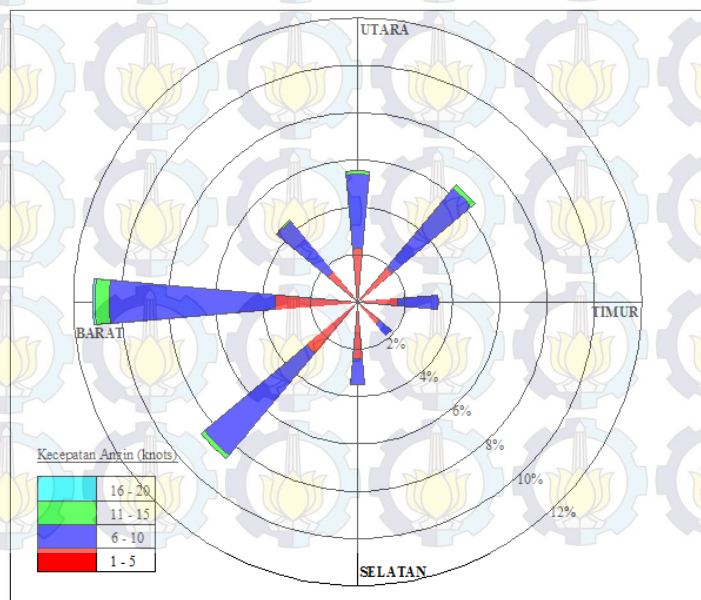
Dari gambar 4.4 arah arus yang dominan dari arah Selatan dengan kecepatan $> 0,76$ knot. Arus arus dari Selatan ini tidak berpengaruh terhadap perencanaan reklamasi karena lahan reklamasi terlindung oleh daratan di sekitarnya.

4.5. Analisa Data Angin

Data angin digunakan sebagai data penunjang dalam melakukan analisa gelombang untuk menentukan arah, tinggi, dan periode gelombang. Data angin yang diperoleh berasal dari Stasiun Angin Serang. Persentase kejadian angin yang berhembus dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.1. Persentase kejadian Angin di Stasiun Angin Serang (2000-2013)

Kecepatan Angin (knots)	1-5	6-10	11-15	16-20	> 20	Total %
Utara	2.25	3.15	0.15	0	0	5.55
Timur Laut	1.9	4.35	0.2	0	0	6.45
Timur	1.7	1.7	0	0	0	3.4
Tenggara	1.2	0.65	0	0	0	1.85
Selatan	2.4	1.1	0	0	0	3.5
Barat Daya	2.8	5.65	0.2	0	0	8.65
Barat	3.5	7	0.6	0.1	0	11.2
Barat Laut	1.65	2.8	0.05	0	0	4.5
CLM	0	0	0	0	0	54.9
Total	17.4	26.4	1.3	0.1	0	100



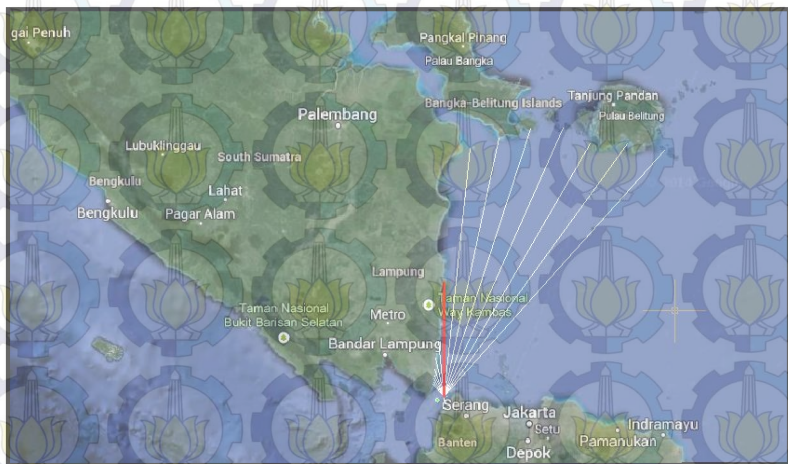
Gambar 4.6. Wind Rose (2000-2013)

4.6. Analisa Gelombang

4.6.1. Panjang Fetch

Perhitungan panjang fetch dilakukan berdasarkan arah angin yang berpengaruh pada lokasi Reklamasi Tanjung Sekong. Arah angin yang berpengaruh terhadap Reklamasi Tanjung Sekong adalah arah angin yang berasal dari Utara, Barat Laut, Barat, Barat Daya. Hal ini disebabkan lahan Reklamasi Tanjung Sekong yang menghadap ke Barat.

Untuk sketsa arah angin yang di tinjau bisa dilihat pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10. Hasil perhitungan panjang fetch pada perairan Tanjung Sekong dapat dilihat pada Tabel 4.2.



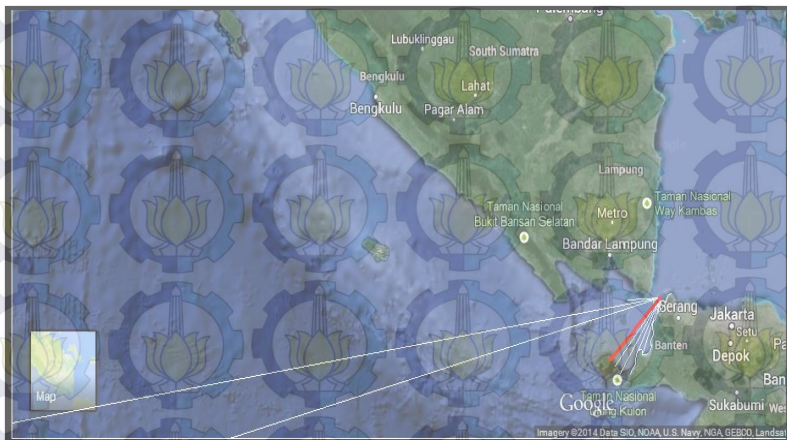
Gambar 4.7. Panjang fetch arah Utara



Gambar 4.8. Panjang fetch arah Barat Laut



Gambar 4.9. Panjang fetch arah Barat



Gambar 4.10. Panjang fetch arah Barat Daya

Tabel 4.2. Perhitungan panjang fetch

Sudut (α)	Cos α	Xi (km)				Xi . Cos α			
		U	BL	Barat	BD	U	BL	Barat	BD
42	0.743	399.02	91.76	17.80	46.47	296.53	68.19	13.23	34.53
36	0.809	377.11	59.59	17.31	1000.00	305.09	48.21	14.00	809.02
30	0.866	352.54	38.70	17.03	1000.00	305.31	33.51	14.75	866.03
24	0.914	354.35	30.60	17.16	7.65	323.72	27.95	15.68	6.98
18	0.951	338.77	26.48	17.95	7.21	322.19	25.18	17.07	6.86
12	0.978	318.75	22.88	19.03	7.20	311.79	22.38	18.62	7.04
6	0.995	300.52	20.53	20.50	7.60	298.88	20.41	20.38	7.55
0	1.000	137.43	19.42	47.60	102.15	137.43	19.42	47.60	102.15
6	0.995	66.21	18.62	46.34	103.27	65.85	18.51	46.08	102.70
12	0.978	46.60	18.07	7.21	105.67	45.59	17.67	7.06	103.36
18	0.951	34.48	17.74	6.69	69.91	32.79	16.87	6.37	66.48
24	0.914	27.64	18.07	6.60	70.98	25.25	16.51	6.02	64.84
30	0.866	24.02	18.93	6.81	19.49	20.80	16.39	5.90	16.88
36	0.809	21.44	20.11	7.68	16.08	17.35	16.27	6.21	13.01
42	0.743	19.56	46.27	97.48	14.43	14.53	34.39	72.44	10.73
Total	13.511				Total	2523.08	401.87	311.41	2218.17
Fetch Efektif (km)						187	30	23	164

Ket : Asumsi Panjang Fetch = 1000 km (Untuk Fetch yang tidak bertemu Pulau dalam bidang gambar)

4.6.2. Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam

Perhitungan tinggi dan periode gelombang di laut dalam dilakukan berdasarkan panjang *fetch* efektif dan data angin dengan menggunakan metode SMB (Sverdrup-Munk-Bretshneider). Adapun data angin yang digunakan mulai dari tahun 2000 hingga 2013 dari data NOAA.

Contoh perhitungan:

Data angin bulan Januari tahun 2000

- Arah angin : Utara
- Panjang fetch : 187 km
- Kecepatan angin : 5,36 m/det
- Temperatur pengukuran di laut dalam dan di darat diasumsikan sama ($RT = 1$)
- Koefisien perhitungan kecepatan di laut dan di darat dapat di cari dengan menggunakan grafik 2.6
- $U_w = U_{10} \times RL \times RT$
 $= 4,40 \times 1,50 \times 1$
 $= 6,58 \text{ m/det}$
- $U_A = 0,71 \times U_w^{1,23}$
 $= 0,71 \times 7,21^{1,23}$
 $= 7,21 \text{ m/det}$
- $t_0 = 0,89 \times (F^2 / U_A)^{1/3}$
 $= 0,89 \times (187^2 / 7,21)^{1/3}$
 $= 15 \text{ jam}$
- $T_0 = 0,6238 \times (F \times U_A)^{1/3}$
 $= 0,6238 \times (187 \times 7,21)^{1/3}$
 $= 7 \text{ detik}$
- $H_{so} = 0,0616 \times U_A \times F^{1/2}$
 $= 0,0616 \times 7,21 \times 187^{1/2}$
 $= 1,59 \text{ m}$

Untuk perhitungan tinggi dan periode gelombang selanjutnya dapat di lihat pada **Lampiran 1**. juga disajikan hasil rekapitulasi tinggi gelombang maksimum untuk masing-masing arah.

4.6.3. Periode Ulang Gelombang

Dalam merencanakan lahan reklamasi, dilakukan perhitungan mengenai periode ulang gelombang sesuai dengan umur rencana lahan reklamasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama periode umur rencana lahan reklamasi.

Perhitungan tinggi periode ulang gelombang dilakukan dengan menggunakan analisa statistik atau lebih dikenal dengan metode Weibull berdasarkan frekuensi kejadian terjadinya gelombang. Rumus probabilitas untuk Metode Weibull (CERC, 1992) adalah sebagai berikut:

$$P(H_s < H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,22 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{NT + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}}$$

Dimana:

$P(H_s < H_{sm})$: probabilitas dari tinggi gelombang representative ke-m yang dilampui.

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke-m.

m : nomor urut tinggi gelombang.

NT : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

K : parameter bentuk dalam laporan ini digunakan $k = 1$

Tinggi gelombang untuk berbagai periode ulang dihitung berdasarkan fungsi distribusi probabilitas dengan dengan parameter A dan B dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Perhitungan didasarkan pada analisa regresi linier sebagai berikut:

$$H_{sr} = A \cdot y_m + B$$

$$y_m = [-\ln\{1 - P(H_s < H_{sm})\}]^{1/4}$$

$$y_r = [\ln(LTr)]^{1/4}$$

Dimana:

H_{sr} : tinggi gelombang dengan periode ulang T

T : periode ulang (tahun)

K : panjang data (tahun)

L : rata-rata jumlah kejadian pertahun (N_T/K)

Perhitungan bisa dilihat pada Tabel 4.3 sampai dengan Tabel 4.6.

Tabel 4.3. Perhitungan tinggi gelombang arah Utara dengan metode Weibull.

No	Tahun	H _m (m)	P	Y _m	H _{sm} · Y _m	Y _m ²	(H _{sm} - H _{sm}) ²	H _{sm}	H _{sm} - H _{sm}	(H _{sm} - H _{sm}) ²
1	2001	2.14	0.96	3.30	7.08	10.918	0.08	2.33	-0.19	0.036
2	2002	2.14	0.89	2.24	4.81	5.036	0.08	2.12	0.02	0.001
3	2005	2.14	0.82	1.74	3.73	3.031	0.08	2.01	0.13	0.016
4	2012	2.04	0.76	1.41	2.87	1.982	0.03	1.95	0.09	0.009
5	2013	2.04	0.69	1.16	2.36	1.342	0.03	1.90	0.14	0.020
6	2000	1.82	0.62	0.96	1.75	0.920	0.00	1.86	-0.03	0.001
7	2003	1.82	0.55	0.79	1.45	0.629	0.00	1.82	0.00	0.000
8	2004	1.82	0.48	0.65	1.19	0.423	0.00	1.79	0.03	0.001
9	2006	1.82	0.41	0.53	0.96	0.276	0.00	1.77	0.06	0.003
10	2007	1.82	0.34	0.41	0.76	0.172	0.00	1.75	0.08	0.006
11	2008	1.82	0.27	0.32	0.57	0.099	0.00	1.72	0.10	0.010
12	2011	1.82	0.20	0.22	0.41	0.050	0.00	1.71	0.12	0.014
13	2010	1.47	0.13	0.14	0.21	0.020	0.15	1.69	-0.22	0.048
14	2009	1.34	0.06	0.06	0.09	0.004	0.27	1.67	-0.33	0.109
Jumlah		26.09	7.18	13.94	28.22	24.90	0.73			0.27

Tabel 4.4. Perhitungan tinggi gelombang arah Barat Laut dengan metode Weibull.

No	Tahun	H_{sm} (m)	P	Y_m	$H_{sm} \cdot Y_m$	Y_m^2	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2$	\bar{H}_{sm}	$H_{sm} - \bar{H}_{sm}$	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2$
1	2013	0.89	0.96	3.30	2.95	10.918	0.04	0.89	0.01	0.0001
2	2012	0.68	0.89	2.24	1.53	5.036	0.00	0.80	-0.12	0.0145
3	2011	0.73	0.82	1.74	1.27	3.031	0.00	0.76	-0.04	0.0013
4	2010	0.89	0.76	1.41	1.26	1.982	0.04	0.74	0.16	0.0242
5	2009	0.73	0.69	1.16	0.84	1.342	0.00	0.72	0.01	0.0001
6	2008	0.73	0.62	0.96	0.70	0.920	0.00	0.70	0.02	0.0006
7	2007	0.73	0.55	0.79	0.58	0.629	0.00	0.69	0.04	0.0014
8	2006	0.68	0.48	0.65	0.44	0.423	0.00	0.68	0.00	0.0000
9	2005	0.73	0.41	0.53	0.38	0.276	0.00	0.67	0.06	0.0034
10	2004	0.54	0.34	0.41	0.22	0.172	0.03	0.66	-0.12	0.0156
11	2003	0.73	0.27	0.32	0.23	0.099	0.00	0.65	0.07	0.0055
12	2002	0.81	0.20	0.22	0.18	0.050	0.01	0.65	0.17	0.0280
13	2001	0.59	0.13	0.14	0.08	0.020	0.01	0.64	-0.05	0.0028
14	2000	0.43	0.06	0.06	0.03	0.004	0.08	0.63	-0.20	0.0413
Jumlah		9.89	7.18	13.94	10.70	24.90	0.20			0.14

Tabel 4.5. Perhitungan tinggi gelombang arah Barat dengan metode Weibull.

No	Tahun	H_{sm} (m)	P	Y_m	$H_{sm} \cdot Y_m$	Y_m^2	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2$	\bar{H}_{sm}	$H_{sm} - \bar{H}_{sm}$	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2$
1	2003	1.75	0.96	3.30	5.78	10.918	0.56	1.65	-0.10	0.0104
2	2001	1.31	0.89	2.24	2.94	5.036	0.10	1.35	-0.04	0.0016
3	2012	1.14	0.82	1.74	1.98	3.031	0.02	1.21	-0.07	0.0052
4	2002	1.06	0.76	1.41	1.49	1.982	0.00	1.12	-0.06	0.0037
5	2011	1.00	0.69	1.16	1.16	1.342	0.00	1.05	-0.05	0.0022
6	2010	0.97	0.62	0.96	0.93	0.920	0.00	0.99	-0.02	0.0004
7	2006	0.94	0.55	0.79	0.75	0.629	0.00	0.95	0.00	0.0000
8	2000	0.88	0.48	0.65	0.57	0.423	0.01	0.91	-0.02	0.0005
9	2007	0.88	0.41	0.53	0.46	0.276	0.01	0.87	0.01	0.0002
10	2008	0.88	0.34	0.41	0.37	0.172	0.01	0.84	0.04	0.0019
11	2013	0.88	0.27	0.32	0.28	0.099	0.01	0.81	0.07	0.0051
12	2004	0.79	0.20	0.22	0.18	0.050	0.05	0.79	0.00	0.0000
13	2009	0.79	0.13	0.14	0.11	0.020	0.05	0.76	0.02	0.0005
14	2005	0.75	0.06	0.06	0.05	0.004	0.06	0.74	0.01	0.0001
Jumlah		14.04	7.18	13.94	17.06	24.90	0.89			0.03

Tabel 4.6. Perhitungan tinggi gelombang arah Barat Daya dengan metode Weibull.

No	Tahun	H_m (m)	p	Y_m	$H_m - Y_m$	Y_m^2	$(H_m - Y_m)^2$	\bar{H}_{sm}	$H_{sm} - \bar{H}_{sm}$	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2$
1	2010	2.44	0.96	3.30	8.06	10.918	0.26	2.57	-0.13	0.016
2	2000	2.36	0.89	2.24	5.29	5.036	0.18	2.28	0.08	0.007
3	2007	2.36	0.82	1.74	4.11	3.031	0.18	2.14	0.22	0.049
4	2013	2.01	0.76	1.41	2.83	1.982	0.01	2.05	-0.04	0.002
5	2005	1.91	0.69	1.16	2.22	1.342	0.00	1.98	-0.07	0.004
6	2006	1.91	0.62	0.96	1.83	0.920	0.00	1.92	-0.01	0.000
7	2009	1.91	0.55	0.79	1.52	0.629	0.00	1.88	0.03	0.001
8	2011	1.91	0.48	0.65	1.24	0.423	0.00	1.84	0.07	0.005
9	2001	1.71	0.41	0.53	0.90	0.276	0.05	1.81	-0.10	0.009
10	2002	1.71	0.34	0.41	0.71	0.172	0.05	1.77	-0.06	0.004
11	2003	1.71	0.27	0.32	0.54	0.099	0.05	1.75	-0.04	0.001
12	2004	1.71	0.20	0.22	0.38	0.050	0.05	1.72	-0.01	0.000
13	2008	1.71	0.13	0.14	0.24	0.020	0.05	1.70	0.01	0.000
14	2012	1.71	0.06	0.06	0.11	0.004	0.05	1.68	0.03	0.001
Jumlah		27.08	7.18	13.94	29.98	24.90	0.93			0.100

Keterangan:

1. Kolom 1 menunjukkan nomor urut gelombang dimulai dari gelombang terbesar.
2. Kolom 2 memperlihatkan tahun terjadinya gelombang.
3. Kolom 3 merupakan tinggi gelombang maksimum tiap tahun yang telah diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil dari tahun 2000 sampai 2013.
4. Kolom 4 dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P(H_s < H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,22 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{NT + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}}$$

5. Kolom 5 dihitung dengan menggunakan rumus:

$$y_m = [-\ln\{1 - P(H_s < H_{sm})\}]^{1/4}$$

6. Koefisien Weibull yang digunakan yaitu:

➤ N (jumlah data gelombang) = 14

➤ N_T (jumlah kejadian gelombang) = 14

➤ $v = \frac{N}{N_T} = 1$

➤ $\overline{H_{sm}} = \frac{26,09}{14} = 1,86$

➤ Nilai A dan B :

$$A = \frac{n \cdot \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \cdot \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} = \frac{14(28,22) - (26,09 \times 13,94)}{14(24,90) - 13,94^2}$$

$$= 0,203$$

$$B = \overline{H_{sm}} - A \cdot \overline{y_m} = 1,86 - 0,203 \times 0,996 = 1,661$$

7. Kolom 9 dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\widehat{H_{sm}} = A \cdot y_m + B = 0,203 \times 3,3 + 1,661 = 2,33$$

Selanjutnya perhitungan tinggi gelombang dengan periode ulang ditunjukkan pada Tabel 4.7 sampai dengan Tabel 4.10.

Tabel 4.7. Tinggi gelombang arah Utara berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull.

Periode Ulang (Tahun)	Yr	H_{sr}	σ	σ_r	$H_r - 1,28\sigma_r$ (m)	$H_r + 1,28\sigma_r$ (m)
5	1.61	1.99	0.64	0.12	1.83	2.14
10	2.30	2.13	0.93	0.17	1.91	2.35
20	3.00	2.27	1.23	0.23	1.98	2.56
50	3.91	2.46	1.63	0.30	2.07	2.85
100	4.61	2.60	1.94	0.36	2.13	3.06

Tabel 4.8. Tinggi gelombang arah Barat Laut berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull.

Periode Ulang (Tahun)	Yr	H_{sr}	σ	σ_r	$H_s-1.28\sigma_r$ (m)	$H_s+1.28\sigma_r$ (m)
5	1.61	0.75	0.64	0.05	0.70	0.81
10	2.30	0.81	0.93	0.07	0.72	0.89
20	3.00	0.86	1.23	0.09	0.75	0.97
50	3.91	0.93	1.63	0.12	0.78	1.08
100	4.61	0.99	1.94	0.14	0.81	1.16

Tabel 4.9. Tinggi gelombang arah Barat berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull.

Periode Ulang (Tahun)	Yr	H_{sr}	σ	σ_r	$H_s-1.28\sigma_r$ (m)	$H_s+1.28\sigma_r$ (m)
5	1.61	1.17	0.64	0.16	0.96	1.38
10	2.30	1.37	0.93	0.24	1.06	1.67
20	3.00	1.56	1.23	0.32	1.16	1.97
50	3.91	1.82	1.63	0.42	1.28	2.35
100	4.61	2.01	1.94	0.50	1.37	2.65

Tabel 4.10. Tinggi gelombang arah Barat Daya berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode Weibull.

Periode Ulang	Yr	H_{sr}	σ	σ_r	$H_s-1.28\sigma_r$ (m)	$H_s+1.28\sigma_r$ (m)
5	1.61	2.10	0.64	0.16	1.90	2.31
10	2.30	2.29	0.93	0.23	1.99	2.59
20	3.00	2.48	1.23	0.31	2.08	2.88
50	3.91	2.73	1.63	0.41	2.21	3.26
100	4.61	2.92	1.94	0.49	2.30	3.55

Keterangan:

1. Kolom 1 menunjukkan periode ulang (tahun).

2. Kolom 2 dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$y_r = [\ln(LTr)]^{1/4} = [\ln(1 \times 2)]^{1/4} = 1,61$$

3. Kolom 3 dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$H_{sr} = A.y_r + B = 0,203 \times 1,61 + 1,661 = 1,991$$

4. Kolom 4 dihitung dengan rumus sebagai berikut (Goda, 1988):

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \cdot \ln v)^2]^{1/2}$$

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{14}} [1 + 2,78(1,61 - 0,3 + 0,9 \cdot \ln 1)^2]^{1/2}$$

$$= 0,64$$

Dimana:

σ : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang dengan periode ulang Tr.

N : jumlah data gelombang

c : koefisien weibull (0,3) (Tabel 4.11)

ε : koefisien weibull (0,9) (Tabel 4.11)

5. Kolom 5 didapat dengan menggunakan rumus:

$$\sigma_r = \sigma \times \sigma_{H_{sm}} = 0,64 \times 0,187 = 0,12$$

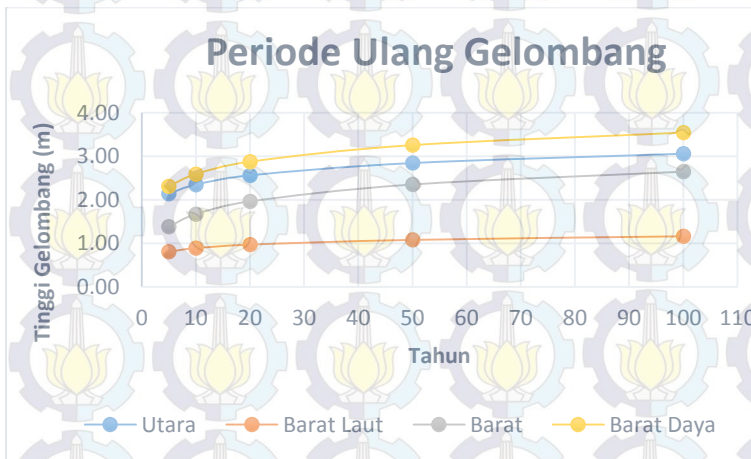
Tabel 4.11. Koefisien perhitungan standart deviasi

Distribusi	α_1	α_2	k	c	ε
FT-1	0.64	9.00	0.93	0.00	1.33
Weibull (k=0.75)	1.65	11.40	-0.63	0.00	1.15
Weibull (k=1.0)	1.92	11.40	0.00	0.30	0.90
Weibull (k=1.4)	2.05	11.40	0.69	0.40	0.72
Weibull (k=2.0)	2.24	11.40	1.34	0.50	0.54

Dari perhitungan tinggi gelombang tersebut dipilih tinggi gelombang untuk periode ulang 50 tahun. Rekapitulasi data tinggi, periode, dan panjang gelombang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Rekapitulasi periode ulang gelombang

Periode Ulang Tahun	Tinggi Gelombang (m)			
	U	BL	B	BD
5	2.14	0.81	1.38	2.31
10	2.35	0.89	1.67	2.59
20	2.56	0.97	1.97	2.88
50	2.85	1.08	2.35	3.26
100	3.06	1.16	2.65	3.55



Gambar 4.11. Grafik tinggi gelombang berdasarkan periode ulang arah Utara, Barat Laut, Barat, dan Barat Daya.

4.6.4. Deformasi Gelombang

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju garis pantai akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses difraksi dan pendangkalan. Konsep gelombang laut dalam ekivalen sering digunakan dalam menganalisa transformasi gelombang. Penggunaan gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi, difraksi, dan transformasi lainnya, sehingga perkiraan transformasi dan deformasi gelombang bisa dilakukan dengan lebih mudah. Perhitungan tinggi gelombang laut dalam ekivalen dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$H'_0 = K' \times K_r \times H_0$$

Dimana :

H'_0 = tinggi gelombang laut dalam ekivalen

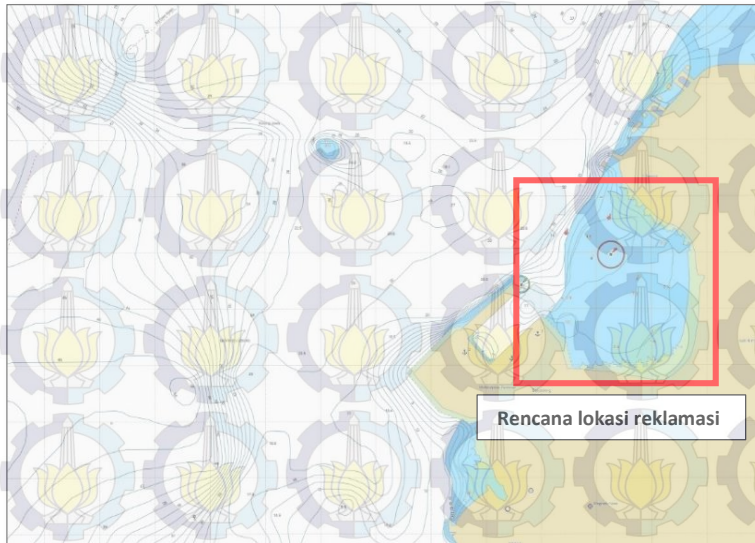
H_0 = tinggi gelombang laut dalam

K' = koefisien difraksi

K_r = koefisien refraksi

Peramalan gelombang ekivalen dalam penulisan tugas akhir ini dianalisa menggunakan program *Surface Water Modeling System* (SMS 10.1). Digunakan analisa CMS-Wave dalam pemodelan gelombang yang bertujuan untuk mengetahui fase gelombang di permukaan perairan. Data yang dibutuhkan dalam analisa CMS-Wave, yaitu:

1. Peta bathimetri (Gambar 4.12)
2. Tinggi gelombang di laut dalam
3. Periode gelombang di laut dalam
4. Arah datang gelombang

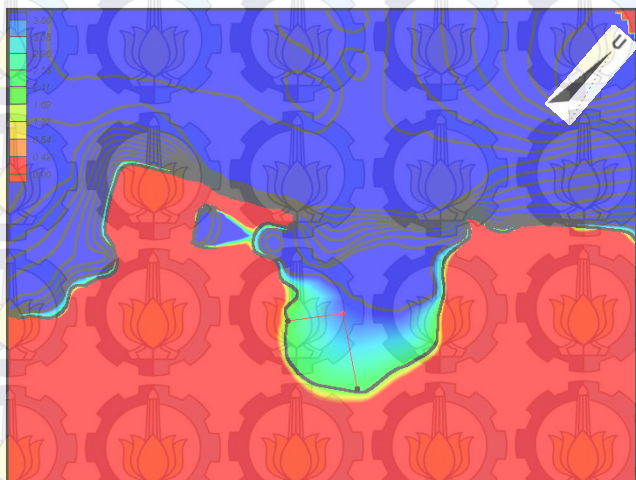


Gambar 4.12 Lokasi analisa deformasi gelombang
(Garmin, 2014)

Dalam analisa dengan menggunakan program SMS 10.1, hal pertama yang dilakukan adalah memodelkan kedalaman dasar laut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kedalaman perairan laut area reklamasi. Pemodelan kedalaman laut dilakukan dengan mengubah kontur kedalaman menjadi sebuah luasan atau *meshing* seperti pada Gambar 4.13. Selanjutnya *meshing* diubah menjadi kontur kedalaman yang diwakili oleh masing-masing warna seperti pada Gambar 4.14.



Gambar 4.13. *Mesh modeling* pada program SMS 10.1



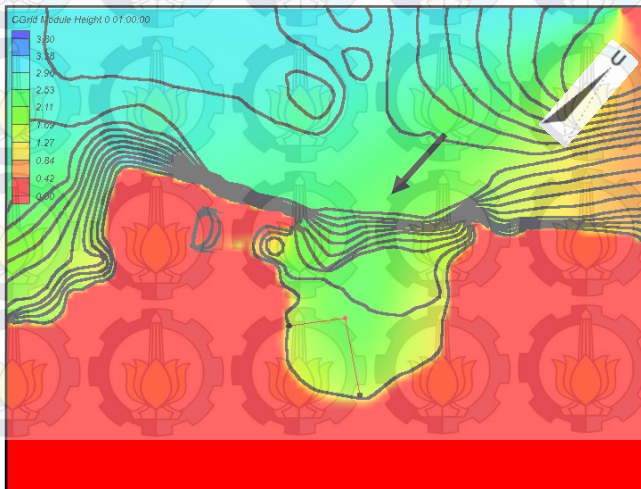
Gambar 4.14. Pemodelan kedalaman laut

Setelah peta bathimetri dimodelkan menjadi peta kedalaman yang akan dianalisa menggunakan CMS-Wave, kemudian dilakukan input data berupa data tinggi gelombang dan periode gelombang pada periode ulang 50 tahun Tabel 4.13.

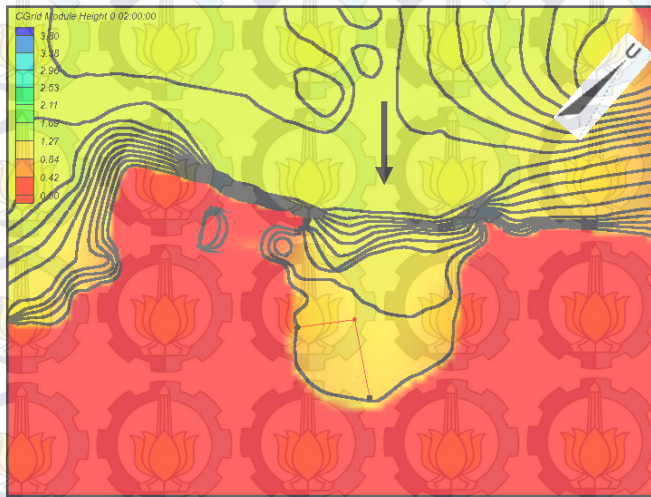
Tabel 4.13 Input data CMS-Wave

Periode Ulang Tahun	Tinggi Gelombang (m)				Periode Gelombang (detik)			
	U	BL	B	BD	U	BL	B	BD
5	2.14	0.81	1.38	2.31	7.6	4.05239	4.64	7.63
10	2.35	0.89	1.67	2.59	7.8	4.181364	4.94	7.93
20	2.56	0.97	1.97	2.88	8.1	4.304095	5.21	8.21
50	2.85	1.08	2.35	3.26	8.4	4.457011	5.54	8.56
100	3.06	1.16	2.65	3.55	8.6	4.566317	5.76	8.80

Dengan menggunakan program SMS 10.1 dapat diketahui tinggi gelombang ekuivalen yang menuju pada lahan reklamasi. Analisa ini dilakukan untuk menentukan elevasi dari bangunan pelindung pantai yang akan dibangun. Hasil analisa CMS-Wave dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.19.



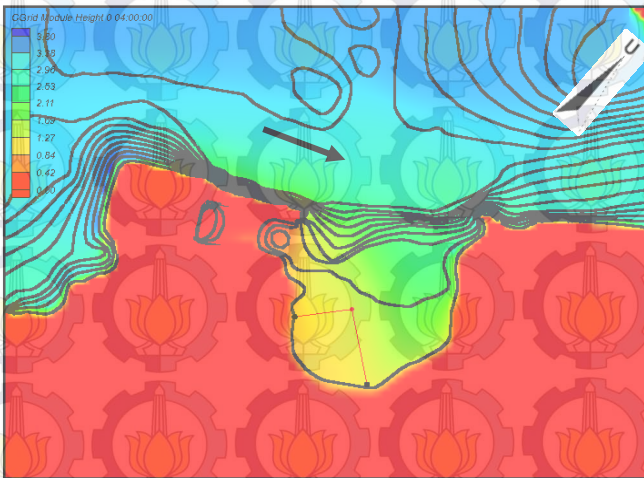
Gambar 4.15. Tinggi gelombang ekuivalen arah Utara



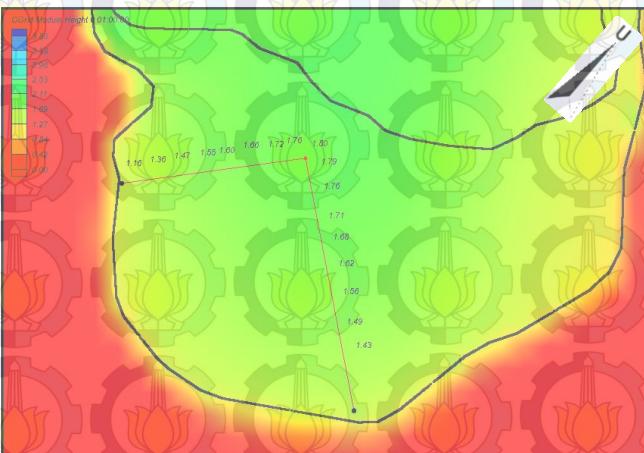
Gambar 4. 16. Tinggi Gelombang Ekuivalen Arah Barat Laut



Gambar 4.17. Tinggi Gelombang Ekuivalen Arah Barat



Gambar 4.18. Tinggi Gelombang Ekuivalen Arah Barat Daya

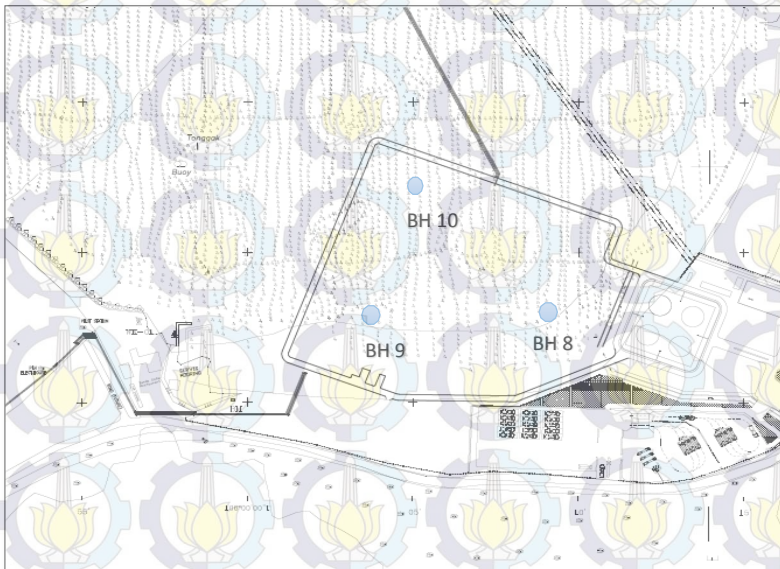


Gambar 4. 19 Gelombang tertinggi di depan bangunan pada saat pasang (HWS)

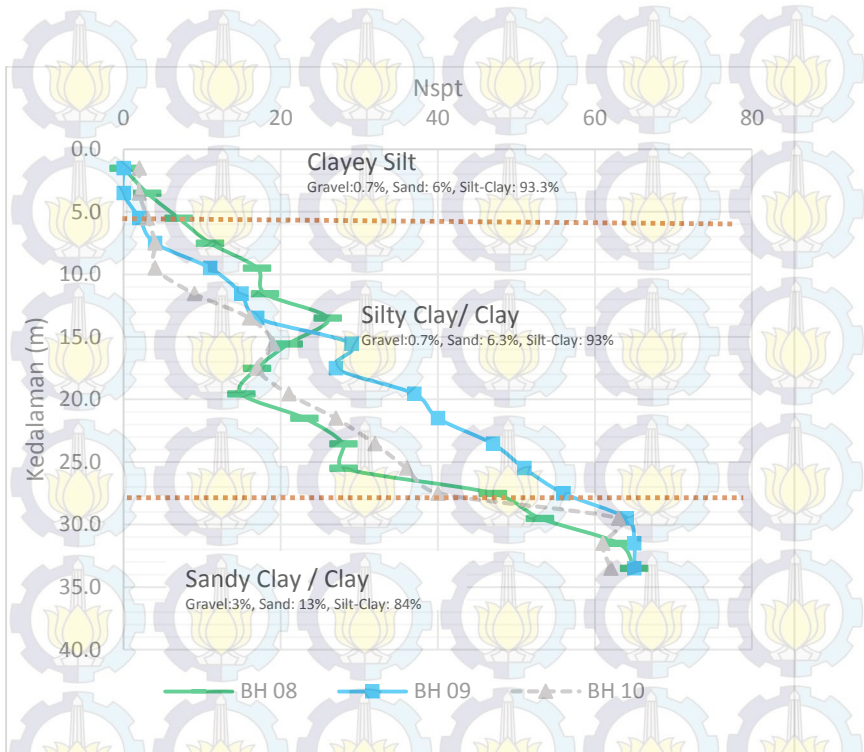
Dari hasil analisa CMS-Wave dapat diketahui tinggi gelombang ekuivalen yang akan menghantam pelindung pantai berkisar pada ketinggian 1,2 – 1,80 m dari arah Barat Daya.

4.7. Data Tanah

Pada perencanaan lahan reklamasi dilakukan penyelidikan tanah di 3 titik, yaitu BH 08, BH 09, dan BH 10 (lihat Gambar 4.20). Di tiap titik diambil data berupa data tanah asli (*undisturbed sample*) dan dilakukan Uji Penetrasi Standar (N-SPT). Penyelidikan tanah ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai lapisan tanah pada lahan reklamasi yang direncanakan. Pada Gambar 4.21 bisa dilihat data tanah berdasarkan N-SPT terhadap kedalaman pada tiap-tiap titik penyelidikan.



Gambar 4.20. Lokasi penyelidikan data tanah
(PT. Surveyor Indonesia, 2013)



Gambar 4.21. Grafik nilai N-SPT terhadap kedalaman (PT. Surveyor Indonesia, 2013)

4.7.1. Analisa Data Tanah

Untuk memudahkan input data dalam perencanaan reklamasi ini maka dilakukan analisa parameter tanah. Analisa parameter tanah ini dilakukan untuk menstatigrafikan parameter tanah di daerah yang akan direklamasi. Dasar yang digunakan untuk membuat statigrafi tanah yaitu dengan menggunakan pendekatan statistik sederhana.

Pendekatan statistik yang digunakan adalah dengan mengambil keputusan berdasarkan *coefficient variant (CV)* dari

suatu distribusi nilai parameter tanah. Beberapa rumus statistic yang digunakan adalah sebagai berikut (ITS, 1998):

- Rata-rata

$$U = \frac{\sum_{n=1}^n X}{n}$$

- Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\sum (x - U)^2}{n - 1}}$$

- Koefisien Variasi

$$CV = \frac{STD}{U} \times 100\%$$

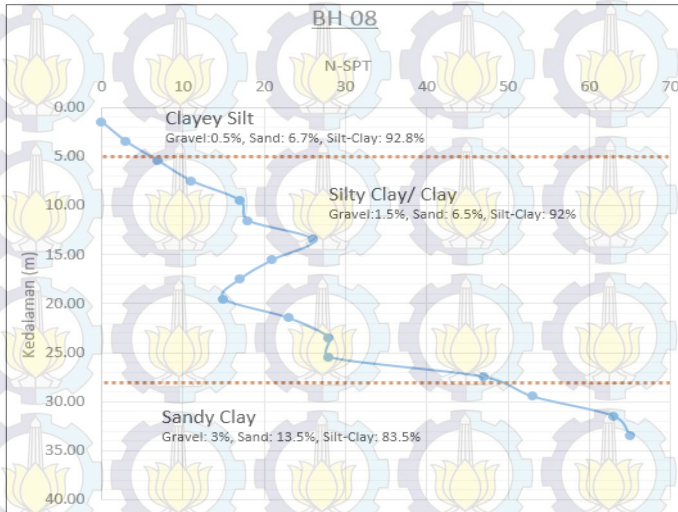
Dimana distribusi sebaran suatu nilai dapat diterima jika harga koefisien variasi (CV) dari sebaran tersebut bernilai antara 10-20%. Jika nilai sebaran tersebut >20% maka harus dilakukan pembagian layer kembali. Untuk nilai rata-rata, standart deviasi, dan koefisien variasi bias dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.14. Nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien variasi

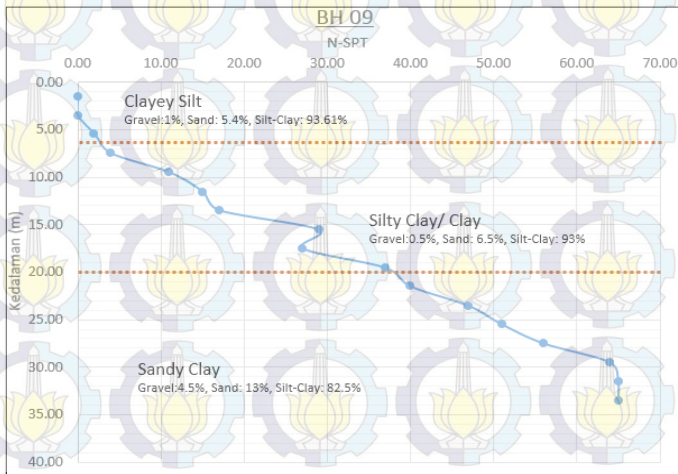
Kedalaman	BH 08	BH 09	BH 10	STD	CV	AVG
1.50	0	0.00	2.00	1.15	173%	0.7
3.50	3.00	0.00	2.00	1.53	92%	1.7
5.50	7.00	2.00	3.00	2.65	66%	4.0
7.50	11.00	4.00	4.00	4.04	64%	6.3
9.50	17.00	11.00	4.00	6.51	61%	10.7
11.55	18.00	15.00	9.00	4.58	33%	14.0
13.50	26.00	17.00	16.00	5.51	28%	19.7
15.55	21.00	29.00	19.00	5.29	23%	23.0
17.50	17.00	27.00	17.00	5.77	28%	20.3
19.55	15.00	37.00	21.00	11.37	47%	24.3
21.50	23.00	40.00	27.00	8.89	30%	30.0
23.55	28.00	47.00	32.00	10.02	28%	35.7
25.50	28.00	51.00	36.00	11.68	30%	38.3
27.50	47.00	56.00	40.00	8.02	17%	47.7
29.50	53.00	64.00	63.00	6.08	10%	60.0
31.50	63.00	65.00	61.00	2.00	3%	63.0
33.50	65.00	65.00	62.00	1.73	3%	64.0

Dari Tabel 4.14 di atas dapat dilihat bahwa terdapat nilai koefisien variasi yang bernilai lebih dari 20% pada kedalaman-kedalaman tertentu sehingga untuk perencanaan reklamasi di lakukan pada tiap zona berdasarkan titik penyelidikan tanah, yaitu BH 08, BH 09, dan BH 10.

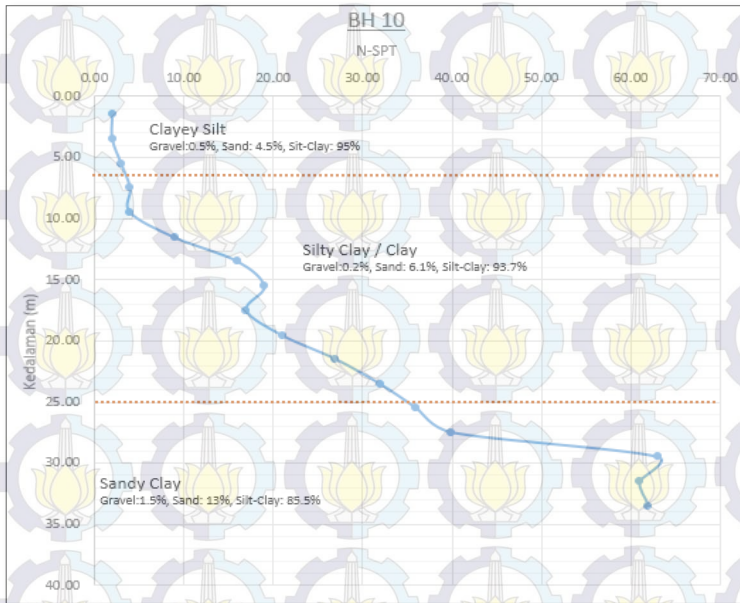
Adapun jenis tanah pada tiap-tiap titik penyelidikan bisa dilihat pada Gambar 4.22, Gambar 4.23, dan Gambar 4.24 dan untuk input parameter data di tiap zona bisa di lihat pada Tabel 4.15, 4.16, dan 4.17.



Gambar 4.22. Grafik N-SPT terhadap kedalaman di titik BH 08
(PT. Surveyor Indonesia, 2013)



Gambar 4.23. Grafik N-SPT terhadap kedalaman di titik BH 09
(PT. Surveyor Indonesia, 2013)



Gambar 4.24 Grafik N-SPT terhadap kedalaman di titik BH 10
(PT. Surveyor Indonesia, 2013)

Tabel 4.15 Input parameter data tanah BH 08

Kedalaman	NSPT	γ_t	γ_{dry}	e	C	ϕ	Cc*	Cs	Cv
(m)		(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(%)	(kg/m ²)	(... ^o)			(cm/sec)
0 - 3	3	1.44	0.87	1.64	0.009	2.86	0.518	0.065	0.00410
3 - 6	7	1.51	1.00	1.48	0.028	3.65	0.390	0.049	0.00410
7 - 10	14	1.70	1.12	1.38	0.333	4.39	0.403	0.050	0.00410
10 - 13	18	1.72	1.16	1.31	0.169	5.83	0.375	0.047	0.00412
13 - 15	26	1.68	1.19	1.24	0.182	5.02	0.302	0.038	0.00413
15 - 17	21	1.75	1.20	1.23	0.201	7.89	0.351	0.044	0.00412
17 - 20	15	1.72	1.16	1.30	0.152	5.81	0.375	0.047	0.00410
20 - 24	25.5	1.72	1.14	1.33	0.134	5.64	0.386	0.048	0.00409
24 - 28	37.5	1.82	1.32	1.04	0.244	6.52	0.281	0.035	0.00414
28 - 32	50	1.91	1.58	0.74	0.0862	31.57	0.281	0.035	0.00414
32 - 34	63	1.92	1.47	0.83	0.0072	26.29	0.281	0.035	0.00414
34 - 36	65	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.16 Input parameter data tanah BH 09

Kedalaman	NSPT	γ_t	γ_{dry}	e	C	ϕ	Cc*	Cs	Cv
(m)		(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(%)	(kg/m ²)	(... ^o)			(cm/sec)
0 - 4	0	1.65	1.29	0.94	0.01	10.44	0.513	0.064	0.00410
4 - 8	3	1.35	0.82	1.92	0.02	3.87	0.513	0.064	0.00410
8 - 12	13	1.52	0.98	1.61	0.04	4.29	0.427	0.053	0.00411
13 - 16	23	1.65	1.07	1.48	0.13	4.65	0.422	0.053	0.00412
16 - 19	27	1.76	1.24	1.16	0.25	5.88	0.316	0.040	0.00413
19 - 23	38.5	1.81	1.33	1.02	0.35	6.85	0.261	0.033	0.00415
23 - 26	49	1.85	1.35	0.99	0.28	6.51	0.265	0.033	0.00415
26 - 29	56	1.83	1.33	1.02	0.82	10.20	0.265	0.033	0.00415
29 - 32	64.5	1.86	1.37	0.97	0.93	12.69	0.265	0.033	0.00415
32 - 35	65	1.87	1.39	0.93	0.87	13.98	0.265	0.033	0.00415

Tabel 4.17 Input parameter data tanah BH 10

Kedalaman (m)	NSPT	γ_t (gr/cm3)	γ_{dry} (gr/cm3)	e (%)	C (kg/m ²)	ϕ (...°)	Cc*	Cs	Cv (cm/sec)
0 - 4	2	1.21	0.73	2.12	0.01	3.61	0.518	0.06475	0.00406
4 - 8	3.5	1.35	0.81	1.97	0.01	4.17	0.53	0.06625	0.00405
8 - 12	6.5	1.50	0.96	1.65	0.00	2.90	0.445	0.05563	0.00408
12 - 15	16	1.59	0.97	1.64	0.08	4.02	0.509	0.06363	0.00407
15 - 18	18	1.63	1.02	1.62	0.02	5.85	0.482	0.06025	0.00409
18 - 21	21	1.65	1.04	1.60	0.45	4.72	0.465	0.05813	0.0041
21 - 24	29.5	1.72	1.16	1.32	0.23	6.88	0.377	0.04713	0.00412
24 - 26	36	1.71	1.13	1.37	0.28	7.04	0.392	0.049	0.00412
26 - 28	40	1.78	1.23	1.18	0.02	26.53	0.392	0.049	0.00412
28 - 30	63	1.81	1.29	1.10	0.02	27.11	0.392	0.049	0.00412
30 - 32	61	1.83	1.32	1.06	0.06	25.94	0.392	0.049	0.00412
32 - 35	62	1.82	1.30	1.07	0.02	28.83	0.392	0.049	0.00412

*Dari korelasi antar parameter



BAB V PERENCANAAN REKLAMASI

5.1 Data Perencanaan

Dalam perencanaan reklamasi ini, lahan reklamasi dibagi menjadi 3 zona. Tiap zona dibagi berdasarkan titik bor dan luasan lahan reklamasi yang dapat mewakili kondisi umum dari lokasi tersebut. Adapun luasan tiap zona adalah sebagai berikut:

- Zona A = 20504 m² (BH 08)
- Zona B = 22156 m² (BH 09)
- Zona C = 26320 m² (BH 10)

Untuk letak tiap zona dapat dilihat pada Gambar 5.1.

Perencanaan lahan reklamasi yang akan dilakukan didasarkan pada data lapangan seperti berikut:

- Elevasi final (Hf) adalah +2.00 mLWS
- Material timbunan yang digunakan memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut:

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,8 \quad \text{t/m}^3$$

$$\gamma_t = 1,4 \quad \text{t/m}^3$$

$$C = 0$$

$$\phi = 35^\circ$$

$$E = 1035 \quad \text{KN/m}^2$$

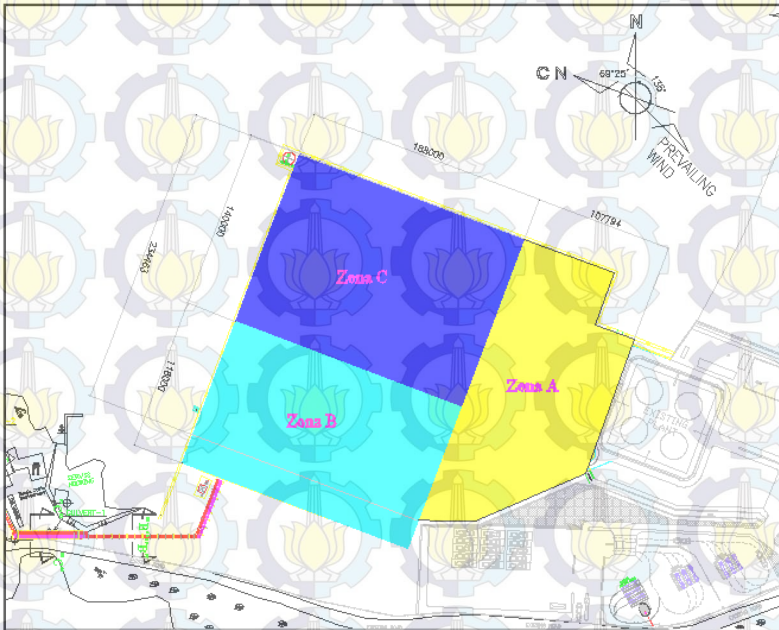
$$\mu = 0,2$$

5.2 Perhitungan Settlement

Pemampatan (*Settlement*) yang terjadi di bawah timbunan lahan reklamasi yang direncanakan hanya dihitung pada tanah dengan NSPT < 16 yang merupakan tanah dengan kategori sangat lunak (*very soft*) hingga sedang (*medium stiff*). Perhitungan pemampatan yang terjadi dilakukan dengan memberikan beban timbunan bervariasi, yaitu:

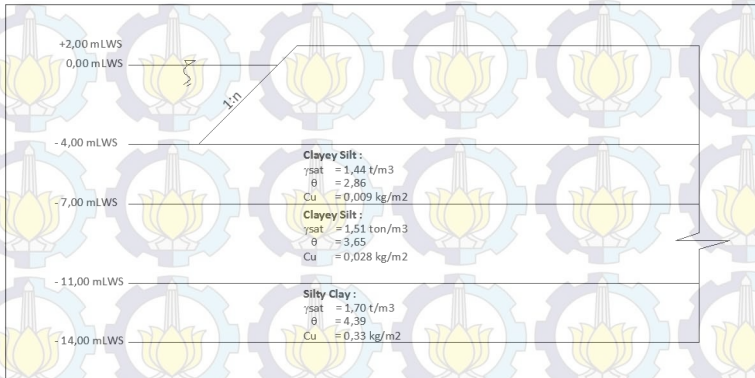
- $q_1 = 3 \text{ t/m}^2$ (h = 1,67 m)
- $q_2 = 5 \text{ t/m}^2$ (h = 2,78 m)
- $q_3 = 7 \text{ t/m}^2$ (h = 3,78 m)

- $q_4 = 9 \text{ t/m}^2$ ($h = 5,00 \text{ m}$)
- $q_5 = 11 \text{ t/m}^2$ ($h = 6,11 \text{ m}$)
- $q_6 = 13 \text{ t/m}^2$ ($h = 7,22 \text{ m}$)
- $q_7 = 15 \text{ t/m}^2$ ($h = 8,33 \text{ m}$)
- $q_8 = 17 \text{ t/m}^2$ ($h = 9,44 \text{ m}$)



Gambar 5.1. Pembagian zona lahan reklamasi

Pemberian beban yang bervariasi di atas permukaan tanah yang akan ditimbun ditujukan untuk mendapatkan tinggi timbunan awal (H_{initial}) di tiap zona agar elevasi akhir dari timbunan adalah $+2,00 \text{ m LWS}$. Untuk lebih jelasnya sketsa geometri timbunan bisa dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Sketsa timbunan pada zona A

5.2.1 Penurunan Segera (*Immediate Settlement*)

Perhitungan penurunan segera dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.20. Adapun contoh perhitungan dari *immediate settlement* adalah sebagai berikut:

Zona A

- Lapisan 1 (kedalaman 0 – 3 m)
- Jenis tanah lunak (NSPT = 3)
- Tebal lapisan (h) = 3 m
- $q = 3 \text{ t/m}^2$
- $E = 6900 \text{ t/m}^2$
- $\mu = 0,45$

$$E' = \frac{E}{\left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu}\right)} = \frac{6900}{\left(1 - \frac{2 \times 0,45^2}{1 - 0,45}\right)} = 26172 \text{ t/m}^2$$

$$S_i = q \cdot \sum_i \left(\frac{h_i}{E'_i} \right) = 3 \times \left(\frac{3}{26172} \right) = 0,00034 \text{ m}$$

Selanjutnya untuk perhitungan penurunan segera dengan berbagai beban pada tiap-tiap zona bisa dilihat pada **Lampiran 2**.

5.2.2 Konsolidasi Primer (*Primary Consolidation*)

Untuk tahapan perhitungan konsolidasi primer dijelaskan sebagai berikut:

Zona A (lapisan 1)

1. Data tanah lapisan 1:

- Kedalaman 0 – 3 m
- Tebal lapisan (h) = 3m
- $\gamma_{\text{sat}} = \gamma_t = 1,44 \text{ t/m}^2$
- $\gamma_{\text{sat}} = \gamma_t = 1,44 \text{ t/m}^2$
- $\gamma = 0,44 \text{ t/m}^2$
- $e_o = 1,64$
- $C_c = 0,518$
- $C_s = 0,065$

2. Data geometri timbunan:

- Kemiringan talud = 1:2
- Lebar timbunan (B) = 234 m
- Tinggi timbunan (h) = 1,67 m

3. Mencari nilai tegangan *overburden* efektif (P_o')

$$P_o' = \gamma' \times z = 0,44 \times (3/2) = 0,66 \text{ t/m}^2$$

4. Mencari nilai tegangan pra konsolidasi (P_c)

$$P_c' = P_o' + \Delta P_f = 0,66 + 0 = 0,66 \text{ t/m}^2$$

ΔP_f = tambahan beban yang terjadi pada tanah akibat adanya beban di waktu lampau atau karena fluktuasi muka air tanah.

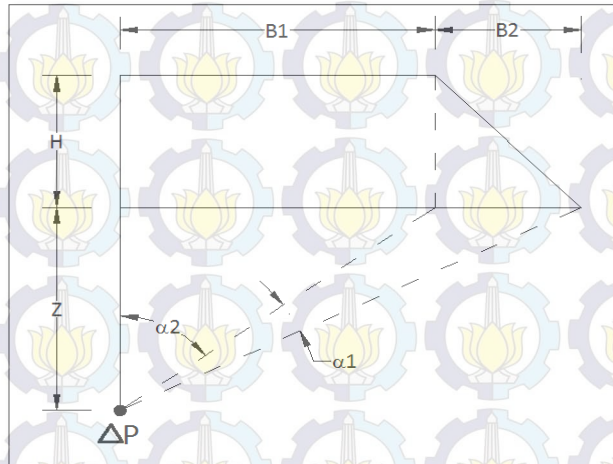
Nilai $\Delta P_f = 0$ karena tidak terjadi fluktuasi muka air tanah hal ini disebabkan karena tanah terdendam oleh air laut.

$$P_c' = P_o' + \Delta P_f = 0,66 + 0 = 0,66 \text{ t/m}^2$$

5. Mencari nilai ΔP

Nilai ΔP adalah tambahan tegangan di dalam tanah akibat beban timbunan yang berada di atas permukaan tanah.

Menurut Braja M. Das (1986), dalam bukunya "*Principles of Foundation Engineering, Second Edition*" diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah sebagai berikut:



Gambar 5.3. Tegangan dititik tertentu di dalam tanah akibat beban timbunan

$$\Delta P = \frac{q_0}{\pi} \left[\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \left(\frac{B_1}{B_2} \times \alpha_2 \right) \right]$$

dimana:

ΔP = tegangan akibat pengaruh beban timbunan (t/m^2)

q_0 = beban timbunan (t/m^2)

$\alpha_1 = \tan^{-1} \{ (B_1 + B_2)/Z \} - \tan^{-1} (B_1/Z)$ (radian)

$\alpha_2 = \tan^{-1} (B_1/Z)$ (radian)

B_1 = $\frac{1}{2}$ lebar timbunan

B_2 = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

Perhitungan:

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \{ (117 + 3,34)/1,5 \} - \tan^{-1} (117/1,5) = 0,02$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} (117/1,5) = 89,27$$

$$\Delta P = \frac{3}{\pi} \left[\left(\frac{117 + 3,34}{3,34} \right) (0,02 + 89,27) - \left(\frac{117}{3,34} \times 89,27 \right) \right]$$

$$\Delta P = 1,50 \text{ t/m}^2$$

6. Menghitung konsolidasi primer (S_{cp})

Tanah pada perencanaan ini merupakan tanah *normally consolidation* karena nilai tegangan *overburden* efektif (P_o') sama dengan nilai tegangan pra konsolidasi (P_c).

Untuk perhitungan konsolidasi primer untuk tanah terkonsolidasi normal menggunakan persamaan 2.22.

$$S_{cp} = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) = \frac{0,518 \times 3}{1 + 1,64} \log \left(\frac{0,66 + 1,50}{0,66} \right)$$

$$S_{cp} = 0,44 \text{ m}$$

Selanjutnya untuk perhitungan konsolidasi primer dengan berbagai beban pada tiap-tiap zona bisa dilihat pada Lampiran.

5.2.3 Settlement Total

Settlement total merupakan penjumlahan dari penurunan segera (S_i) dan penurunan konsolidasi primer (S_{cp}). Perhitungan *settlement* total dengan berbagai beban pada tiap-tiap zona bisa dilihat pada Tabel 5.1. di bawah ini

Tabel 5.1. Rekapitulasi *settlement* total

H_{timb} (m)	q_{timb} t/m^2	Zona A			Zona B			Zona C		
		S_i (m)	S_{cp} (m)	S_t (m)	S_i (m)	S_{cp} (m)	S_t (m)	S_i (m)	S_{cp} (m)	S_t (m)
1.67	3	0.0011	0.78	0.78	0.0014	0.88	0.88	0.0014	1.14	1.15
2.78	5	0.0019	1.03	1.03	0.0023	1.20	1.21	0.0023	1.47	1.47
3.78	7	0.0026	1.20	1.21	0.0031	1.43	1.43	0.0031	1.69	1.69
5	9	0.0034	1.37	1.37	0.0041	1.64	1.65	0.0041	1.90	1.90
6.11	11	0.0042	1.49	1.49	0.0050	1.81	1.81	0.0050	2.05	2.05
7.22	13	0.0050	1.60	1.60	0.0060	1.95	1.96	0.0060	2.18	2.19
8.33	15	0.0057	1.69	1.69	0.0069	2.08	2.08	0.0069	2.29	2.30
9.44	17	0.0065	1.77	1.78	0.0078	2.19	2.20	0.0078	2.40	2.40

5.3 Tinggi Timbunan Pada Saat Pelaksanaan

Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan berbeda dengan tinggi timbunan final. Untuk menghitung tinggi timbunan pada saat pelaksanaan (tinggi inisial) digunakan persamaan 2.29.

Contoh perhitungan:

Zona A

- Data timbunan:

$$q_{\text{final}} = 3 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{\text{timb}} = \text{berat jenis timbunan (1,4 t/m}^3\text{)}$$

- $\text{Settlement total (Sc)} = 0,78 \text{ m}$
- Menghitung tinggi timbunan saat pelaksanaan (H_{inisial})

$$H_{\text{inisial}} = \frac{q_{\text{final}} + (S_c(\gamma_{\text{timb}} + \gamma_w - \gamma_{\text{sat-timb}}))}{\gamma_{\text{timb}}}$$

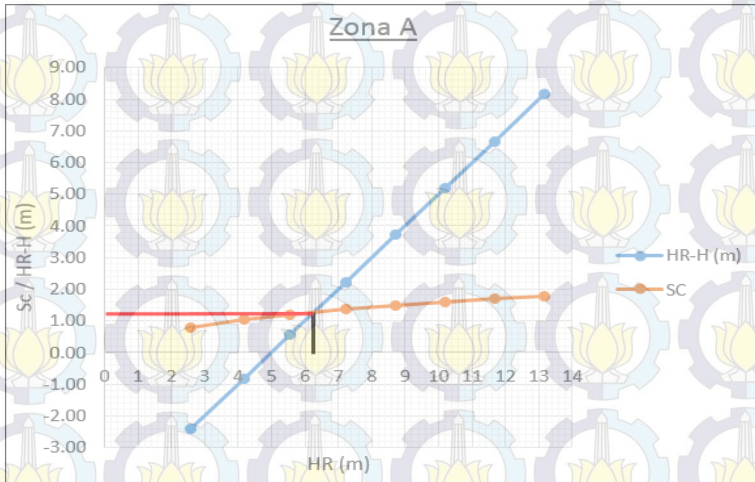
$$H_{\text{inisial}} = \frac{3 + (0,78 \times (1,4 + 1 - 1,8))}{1,4} = 2,59$$

- $H_{\text{final}} = 2,59 - 0,78 = 1,81 \text{ m}$

Untuk perhitungan H_{inisial} dengan beban yang berbeda pada setiap zona bisa dilihat pada Tabel 5.2 sampai Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.2. Hasil perhitungan H_R dan H_F akibat beban timbunan zona A

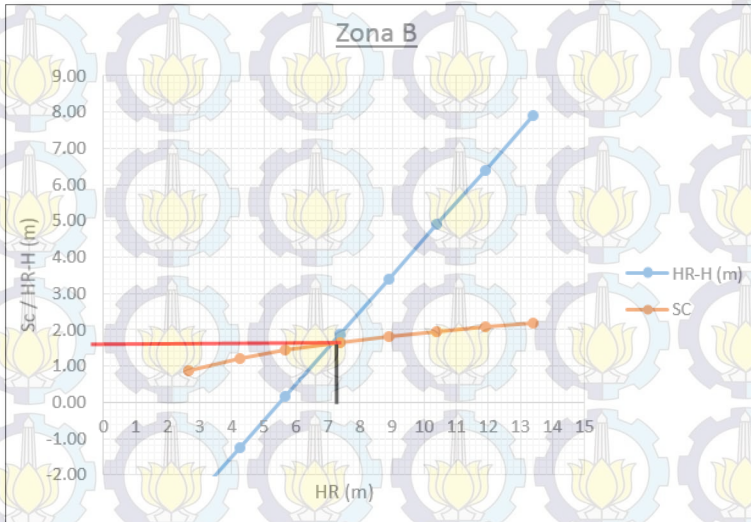
H_{timb} (m)	q_{timb} t/m^2	Si (m)	Scp (m)	St (m)	$H_{\text{inisial}} (H_R)$ (m)	$H_{\text{final}} (H_F)$ (m)	$H_R - H$ (m)
1.67	3	0.0011	0.78	0.78	2.59	1.81	-2.41
2.78	5	0.0019	1.03	1.03	4.17	3.13	-0.83
3.78	7	0.0026	1.20	1.21	5.55	4.34	0.55
5.00	9	0.0034	1.37	1.37	7.21	5.84	2.21
6.11	11	0.0042	1.49	1.49	8.71	7.22	3.71
7.22	13	0.0050	1.60	1.60	10.20	8.60	5.20
8.33	15	0.0057	1.69	1.69	11.68	9.98	6.68
9.44	17	0.0065	1.77	1.78	13.15	11.38	8.15



Gambar 5.4. Grafik penentuan tinggi timbunan pelaksanaan zona A

Tabel 5.3. Hasil perhitungan H_R dan H_F akibat beban timbunan zona B

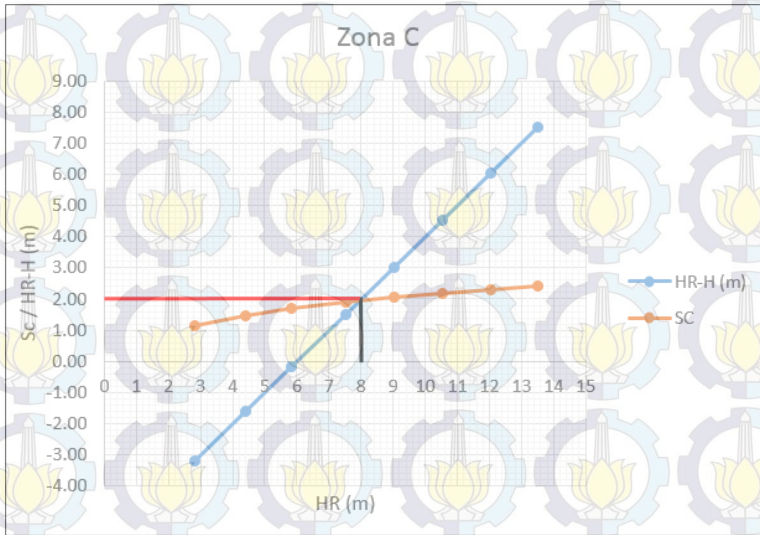
H_{timb} (m)	q_{timb} t/m^2	S_i (m)	S_{cp} (m)	S_t (m)	$H_{\text{inisial}} (H_R)$ (m)	$H_{\text{final}} (H_f)$ (m)	$H_R - H$ (m)
1.67	3	0.0014	0.88	0.88	2.65	1.77	-2.85
2.78	5	0.0023	1.20	1.21	4.26	3.06	-1.24
3.78	7	0.0031	1.43	1.43	5.68	4.25	0.18
5.00	9	0.0041	1.64	1.65	7.37	5.72	1.87
6.11	11	0.0050	1.81	1.81	8.89	7.08	3.39
7.22	13	0.0060	1.95	1.96	10.40	8.44	4.90
8.33	15	0.0069	2.08	2.08	11.90	9.82	6.40
9.44	17	0.0078	2.19	2.20	13.39	11.20	7.89



Gambar 5.5. Grafik penentuan tinggi timbunan pelaksanaan zona B

Tabel 5.4. Hasil perhitungan H_R dan H_F akibat beban timbunan zona C

H_{timb} (m)	q_{timb} t/m^2	S_i (m)	S_{cp} (m)	S_t (m)	$H_{\text{inisial}} (H_R)$ (m)	$H_{\text{final}} (H_F)$ (m)	$H_R - H$ (m)
1.67	3	0.0014	1.14	1.15	2.80	1.66	-3.20
2.78	5	0.0023	1.47	1.47	4.42	2.94	-1.58
3.78	7	0.0031	1.69	1.69	5.83	4.13	-0.17
5.00	9	0.0041	1.90	1.90	7.51	5.61	1.51
6.11	11	0.0050	2.05	2.05	9.03	6.98	3.03
7.22	13	0.0060	2.18	2.19	10.53	8.35	4.53
8.33	15	0.0069	2.29	2.30	12.03	9.72	6.03
9.44	17	0.0078	2.40	2.40	13.51	11.11	7.51



Gambar 5.6. Grafik penentuan tinggi timbunan pelaksanaan zona C

5.4 Perhitungan Waktu Konsolidasi Natural

Untuk contoh perhitungan waktu konsolidasi dilakukan pada lahan reklamasi zona A dengan titik penyelidikan BH 08.

Contoh perhitungan:

- Tebal lapisan *compressible* (H_{dr}) = 10 m
- Lapisan bagian bawah dari lapisan *compressible* bukan merupakan lapisan porus, sehingga arah aliran adalah *single drainage*.

- Menghitung C_v rata-rata

$$C_{v \text{ rata-rata}} = \frac{(\sum_i h_i)^2}{\left(\sum_i \frac{h_i}{\sqrt{C_{v_i}}} \right)^2} = \frac{(1000)^2}{(15617,38)^2}$$

$$= 0,0041 \text{ cm}^2/\text{dt} = 12,61 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

- Untuk $U_{90\%}$ maka $T_v = 0,848$

- Waktu konsolidasi (t)

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{C_v} = \frac{0,848(10)^2}{12,61} = 6,7 \text{ tahun}$$

Untuk perhitungan waktu konsolidasi pada setiap zona dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.5. Waktu konsolidasi zona A (di titik BH 08)

Derajat kondoslidasi	Faktor Waktu	Lama konsolidasi
U%	T_v	Tahun
0	0	0.0
10	0.008	0.1
20	0.031	0.2
30	0.071	0.6
40	0.126	1.0
50	0.197	1.6
60	0.287	2.3
70	0.403	3.2
80	0.567	4.5
90	0.848	6.7
100	-	-

Tabel 5.6. Waktu konsolidasi zona B (di titik BH 09)

Derajat kondoslidasi	Faktor Waktu	Lama konsolidasi
U%	T_v	Tahun
0	0	0.0
10	0.008	0.1
20	0.031	0.4
30	0.071	0.8
40	0.126	1.4
50	0.197	2.2
60	0.287	3.3
70	0.403	4.6
80	0.567	6.5
90	0.848	9.7
100	-	-

Tabel 5.7. Waktu konsolidasi zona C (di titik BH 10)

Derajat kondoslidasi U%	Faktor Waktu Tv	Lama konsolidasi Tahun
0	0	0.0
10	0.008	0.1
20	0.031	0.4
30	0.071	0.8
40	0.126	1.4
50	0.197	2.2
60	0.287	3.3
70	0.403	4.6
80	0.567	6.5
90	0.848	9.7
100	-	-

Dari Tabel 5.5 sampai dengan Tabel 5.7 di atas dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menghilangkan penurunan yang akan terjadi membutuhkan waktu antara 6,7-10 tahun. Sehingga diperlukan pemasangan PVD untuk membantu mempercepat proses konsolidasi.

5.5 Perencanaan Vertical Drain

Pada pembahasan sebelumnya bahwa waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% adalah antara 6,8-10 tahun. Lamanya waktu konsolidasi mengharuskan dilakukannya percepatan konsolidasi dengan melakukan pemasangan *vertical drain*. Adapun spesifikasi pemasangan *prefabricated vertical drain* (PVD) adalah sebagai berikut:

- Waktu konsolidasi yang direncanakan dengan menggunakan PVD adalah 6 bln
- U_{total} yang direncanakan adalah 90%
- Jenis PVD yang digunakan adalah CeTeau-Drain CT-D832 dengan dimensi $a = 10$ cm dan $b = 0,5$ cm

5.5.1 Penentuan Jarak Vertical Drain

Dari data-data yang ada, maka perhitungan jarak PVD, yaitu:

- Diameter ekuivalen untuk PVD (d_w)

$$d_w = \frac{2(a + b)}{\pi} = \frac{2(10 + 0,5)}{2,14} = 66,85$$

- Diameter ekuivalen (D) dari lingkaran tanah pengaruh PVD

$D = 1,05 S$, untuk pola susunan segitiga

$D = 1,13 S$, untuk pola susuna segiempat

Untuk perhitungan diameter ekuivalen berbagai macam jarak pemasangan PVD dengan pola pemasangan segitiga dan segiempat dapat dilihat pada Tabel 5.8

- Perhitungan faktor tahanan ($F(n)$)

Fungsi hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$F(n) = (n^2/(n^2-1)) \times (\ln(n) - 3/4 - (1/4n^2))$$

dimana:

$$n = D/d_w$$

Hasil perhitungan bisa dilihat pada tabel 5.8 untuk pola pemasangan segitiga dan segiempat

Tabel 5.8. Perhitugan faktor hambatan oleh PVD untuk pola pemasangan segitiga dan segiempat

S (m)	D		a (mm)	b (mm)	d_w (mm)	n		F(n)	
	segitiga (mm)	segiempat (mm)				Segitiga	Segiempat	Segitiga	Segiempat
0.8	840	904	100	5	66.85	12.57	13.52	1.79	1.86
1.0	1050	1130	100	5	66.85	15.71	16.90	2.01	2.08
1.2	1260	1356	100	5	66.85	18.85	20.29	2.19	2.26
1.4	1470	1582	100	5	66.85	21.99	23.67	2.34	2.42
1.6	1680	1808	100	5	66.85	25.13	27.05	2.48	2.55
1.8	1890	2034	100	5	66.85	28.27	30.43	2.59	2.67
2.0	2100	2260	100	5	66.85	31.42	33.81	2.70	2.77

Dari hasil perhitungan di atas (Tabel 5.8.) diketahui bahwa pola segiempat memiliki faktor hambatan lebih besar dari pola segitiga, maka untuk perencanaan reklamasi ini digunakan PVD dengan pola segitiga.

- Perhitungan derajat konsolidasi total
Contoh perhitungan untuk derajat konsolidasi arah horizontal dan vertikal untuk pola pemasangan segitiga.

Untuk: $S = 1,00 \text{ m}$
 $D = 1,05 \text{ m}$
 $F(n) = 2,01$
 $t = 1 \text{ minggu}$
 $C_v = 0,248 \text{ m}^2/\text{minggu}$
 $Ch = \frac{kh}{k_v} \cdot C_v$
 berkisar $(2 - 5) C_v$
 digunakan $Ch = 2 \times C_v$
 $= 2 \times 0,248$
 $= 0,496 \text{ m}^2/\text{minggu}$

Derajat konsolidasi vertikal:

$$T_v = \frac{t \cdot c_v}{(H_{dr})^2} = \frac{1 \times 0,248}{(10)^2} = 0,00248$$

$$U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) = \left(2 \sqrt{\frac{0,00248}{3,14}} \right) = 0,06$$

Derajat konsolidasi horizontal:

$$U_h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times Ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1 \times 8 \times 0,496}{1,05^2 \times 2 \times 2,01} \right)}} \right) \right]$$

$$U_h = 0,591$$

Derajat konsolidasi total:

$$U_{total} = (1 - (1 - \overline{U_h}) \cdot (1 - \overline{U_v})) \times 100\%$$

$$U_{total} = (1 - (1 - 0,591) \cdot (1 - 0,06)) \times 100\%$$

$$U_{total} = 61,4\%$$

Untuk perhitungan derajat konsolidasi total (U_{total}) dengan pola segitiga pada setiap zona dapat dilihat pada Tabel 5.9 sampai dengan Tabel 5.11 dibawah ini.



Tabel 5.9. Hasil perhitungan derajat konsolidasi untuk pola pemasangan PVD segitiga zona A

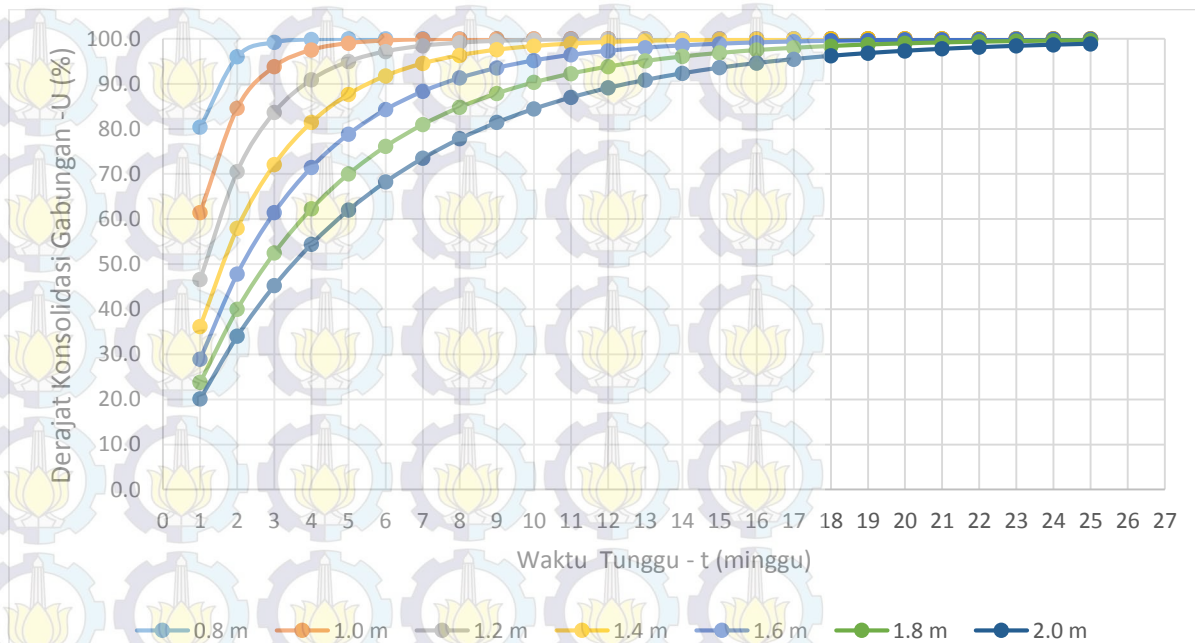
t minggu	Tv	Uv	Uh								U _{total}					
			S = 0.8m	S = 1.0m	S = 1.2m	S = 1.4m	S = 1.6m	S = 1.8m	S = 2.0m	S = 0.8m	S = 1.0m	S = 1.2m	S = 1.4m	S = 1.6m	S = 1.8m	S = 2.0m
1	0.00248	0.06	0.79	0.591	0.435	0.324	0.247	0.193	0.153	80.4	61.4	46.6	36.2	28.9	23.8	20.1
2	0.00496	0.08	0.96	0.833	0.680	0.543	0.433	0.348	0.283	96.0	84.6	70.6	57.9	47.8	40.0	34.0
3	0.00744	0.10	0.99	0.932	0.819	0.691	0.573	0.474	0.393	99.2	93.8	83.7	72.1	61.5	52.5	45.2
4	0.00992	0.11	1.00	0.972	0.898	0.791	0.678	0.575	0.486	99.8	97.5	90.9	81.5	71.5	62.3	54.4
5	0.01240	0.13	1.00	0.989	0.942	0.859	0.758	0.657	0.565	100.0	99.0	94.9	87.7	78.8	70.0	62.0
6	0.01488	0.14	1.00	0.995	0.967	0.905	0.818	0.723	0.632	100.0	99.6	97.2	91.8	84.3	76.1	68.3
7	0.01736	0.15	1.00	0.998	0.982	0.935	0.863	0.776	0.688	100.0	99.8	98.4	94.5	88.3	81.0	73.5
8	0.01984	0.16	1.00	0.999	0.990	0.956	0.897	0.820	0.736	100.0	99.9	99.1	96.3	91.3	84.8	77.8
9	0.02232	0.17	1.00	1.000	0.994	0.970	0.922	0.854	0.777	100.0	100.0	99.5	97.5	93.5	87.9	81.4
10	0.02480	0.18	1.00	1.000	0.997	0.980	0.941	0.882	0.811	100.0	100.0	99.7	98.4	95.2	90.3	84.5
11	0.02728	0.19	1.00	1.000	0.998	0.987	0.956	0.905	0.840	100.0	100.0	99.8	98.9	96.4	92.3	87.0
12	0.02976	0.19	1.00	1.000	0.999	0.991	0.967	0.923	0.865	100.0	100.0	99.9	99.3	97.3	93.8	89.1
13	0.03224	0.20	1.00	1.000	0.999	0.994	0.975	0.938	0.885	100.0	100.0	100.0	99.5	98.0	95.1	90.9
14	0.03472	0.21	1.00	1.000	1.000	0.996	0.981	0.950	0.903	100.0	100.0	100.0	99.7	98.5	96.1	92.3
15	0.03720	0.22	1.00	1.000	1.000	0.997	0.986	0.960	0.918	100.0	100.0	100.0	99.8	98.9	96.8	93.6
16	0.03967	0.22	1.00	1.000	1.000	0.998	0.989	0.967	0.930	100.0	100.0	100.0	99.9	99.2	97.5	94.6
17	0.04215	0.23	1.00	1.000	1.000	0.999	0.992	0.974	0.941	100.0	100.0	100.0	99.9	99.4	98.0	95.5
18	0.04463	0.24	1.00	1.000	1.000	0.999	0.994	0.979	0.950	100.0	100.0	100.0	99.9	99.5	98.4	96.2
19	0.04711	0.24	1.00	1.000	1.000	0.999	0.995	0.983	0.958	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	98.7	96.8
20	0.04959	0.25	1.00	1.000	1.000	1.000	0.997	0.986	0.964	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	99.0	97.3
21	0.05207	0.26	1.00	1.000	1.000	1.000	0.997	0.989	0.970	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.2	97.8
22	0.05455	0.26	1.00	1.000	1.000	1.000	0.998	0.991	0.974	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.3	98.1
23	0.05703	0.27	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.993	0.978	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.5	98.4
24	0.05951	0.28	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.994	0.982	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.6	98.7
25	0.06199	0.28	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.995	0.984	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.7	98.9

Tabel 5.10. Hasil perhitungan derajat konsolidasi untuk pola pemasangan PVD segitiga zona B

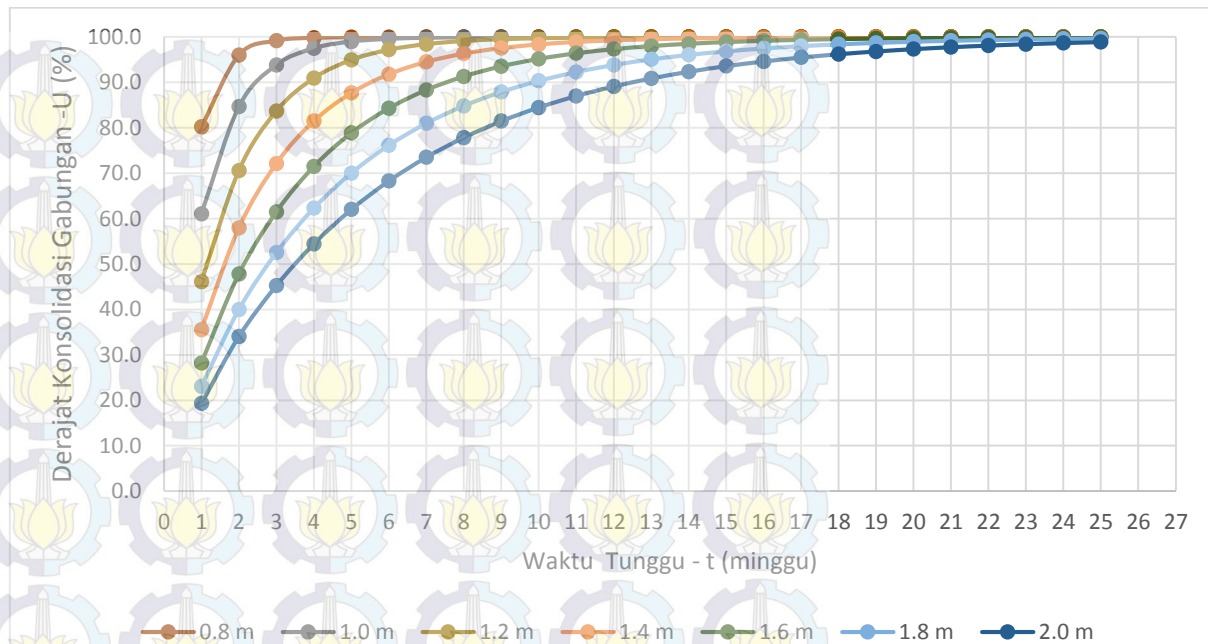
t minggu	Tv	Uv	Uh							U _{total}						
			S = 0.8m	S = 1.0m	S = 1.2m	S = 1.4m	S = 1.6m	S = 1.8m	S = 2.0m	S = 0.8m	S = 1.0m	S = 1.2m	S = 1.4m	S = 1.6m	S = 1.8m	S = 2.0m
1	0.00172	0.05	0.79	0.592	0.435	0.324	0.247	0.193	0.154	80.2	61.1	46.1	35.6	28.2	23.1	19.3
2	0.00496	0.08	0.96	0.833	0.681	0.543	0.433	0.348	0.284	96.0	84.6	70.6	58.0	47.8	40.0	34.1
3	0.00744	0.10	0.99	0.932	0.819	0.691	0.573	0.474	0.394	99.2	93.8	83.7	72.1	61.5	52.5	45.3
4	0.00992	0.11	1.00	0.972	0.898	0.791	0.679	0.575	0.487	99.8	97.5	90.9	81.5	71.5	62.3	54.4
5	0.01240	0.13	1.00	0.989	0.942	0.859	0.758	0.657	0.566	100.0	99.0	95.0	87.7	78.9	70.0	62.0
6	0.01488	0.14	1.00	0.995	0.967	0.905	0.818	0.723	0.632	100.0	99.6	97.2	91.8	84.3	76.1	68.3
7	0.01736	0.15	1.00	0.998	0.982	0.936	0.863	0.777	0.689	100.0	99.8	98.4	94.5	88.3	81.0	73.5
8	0.01984	0.16	1.00	0.999	0.990	0.956	0.897	0.820	0.737	100.0	99.9	99.1	96.3	91.3	84.8	77.8
9	0.02232	0.17	1.00	1.000	0.994	0.971	0.922	0.855	0.777	100.0	100.0	99.5	97.6	93.5	87.9	81.5
10	0.02480	0.18	1.00	1.000	0.997	0.980	0.942	0.883	0.811	100.0	100.0	99.7	98.4	95.2	90.3	84.5
11	0.02728	0.19	1.00	1.000	0.998	0.987	0.956	0.905	0.840	100.0	100.0	99.8	98.9	96.4	92.3	87.0
12	0.02976	0.19	1.00	1.000	0.999	0.991	0.967	0.923	0.865	100.0	100.0	99.9	99.3	97.3	93.8	89.1
13	0.03224	0.20	1.00	1.000	0.999	0.994	0.975	0.938	0.886	100.0	100.0	100.0	99.5	98.0	95.1	90.9
14	0.03472	0.21	1.00	1.000	1.000	0.996	0.981	0.950	0.903	100.0	100.0	100.0	99.7	98.5	96.1	92.4
15	0.03720	0.22	1.00	1.000	1.000	0.997	0.986	0.960	0.918	100.0	100.0	100.0	99.8	98.9	96.9	93.6
16	0.03967	0.22	1.00	1.000	1.000	0.998	0.989	0.968	0.931	100.0	100.0	100.0	99.9	99.2	97.5	94.6
17	0.04215	0.23	1.00	1.000	1.000	0.999	0.992	0.974	0.941	100.0	100.0	100.0	99.9	99.4	98.0	95.5
18	0.04463	0.24	1.00	1.000	1.000	0.999	0.994	0.979	0.950	100.0	100.0	100.0	99.9	99.5	98.4	96.2
19	0.04711	0.24	1.00	1.000	1.000	0.999	0.995	0.983	0.958	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	98.7	96.8
20	0.04959	0.25	1.00	1.000	1.000	1.000	0.997	0.986	0.964	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	99.0	97.3
21	0.05207	0.26	1.00	1.000	1.000	1.000	0.997	0.989	0.970	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.2	97.8
22	0.05455	0.26	1.00	1.000	1.000	1.000	0.998	0.991	0.974	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.3	98.1
23	0.05703	0.27	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.993	0.978	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.5	98.4
24	0.05951	0.28	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.994	0.982	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.6	98.7
25	0.06199	0.28	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.995	0.985	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.7	98.9

Tabel 5.11. Hasil perhitungan derajat konsolidasi untuk pola pemasangan PVD segitiga zona C

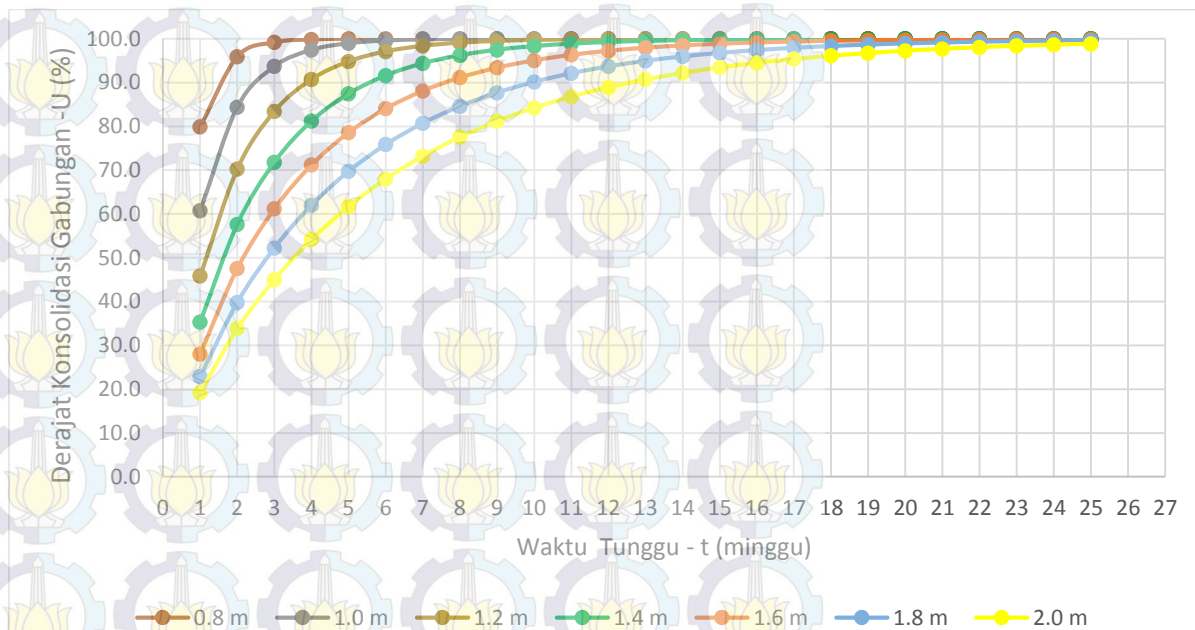
t minggu	Tv	Uv	Uh							U _{total}						
			S = 0.8m	S = 1.0m	S = 1.2m	S = 1.4m	S = 1.6m	S = 1.8m	S = 2.0m	S = 0.8m	S = 1.0m	S = 1.2m	S = 1.4m	S = 1.6m	S = 1.8m	S = 2.0m
1	0.00172	0.05	0.79	0.588	0.432	0.322	0.245	0.191	0.152	79.9	60.7	45.8	35.3	28.0	22.9	19.2
2	0.00496	0.08	0.96	0.830	0.677	0.540	0.430	0.346	0.281	95.9	84.4	70.3	57.6	47.5	39.8	33.8
3	0.00744	0.10	0.99	0.930	0.816	0.688	0.570	0.471	0.391	99.2	93.7	83.4	71.8	61.2	52.2	45.0
4	0.00992	0.11	1.00	0.971	0.896	0.788	0.675	0.572	0.483	99.8	97.4	90.7	81.2	71.2	62.0	54.1
5	0.01240	0.13	1.00	0.988	0.941	0.856	0.755	0.654	0.562	100.0	99.0	94.8	87.4	78.6	69.7	61.7
6	0.01488	0.14	1.00	0.995	0.966	0.902	0.815	0.720	0.629	100.0	99.6	97.1	91.6	84.0	75.8	68.0
7	0.01736	0.15	1.00	0.998	0.981	0.934	0.860	0.773	0.685	100.0	99.8	98.4	94.4	88.1	80.7	73.2
8	0.01984	0.16	1.00	0.999	0.989	0.955	0.895	0.817	0.733	100.0	99.9	99.1	96.2	91.1	84.6	77.6
9	0.02232	0.17	1.00	1.000	0.994	0.970	0.920	0.852	0.774	100.0	100.0	99.5	97.5	93.4	87.7	81.2
10	0.02480	0.18	1.00	1.000	0.996	0.979	0.940	0.880	0.808	100.0	100.0	99.7	98.3	95.1	90.1	84.2
11	0.02728	0.19	1.00	1.000	0.998	0.986	0.955	0.903	0.837	100.0	100.0	99.8	98.9	96.3	92.1	86.8
12	0.02976	0.19	1.00	1.000	0.999	0.990	0.966	0.922	0.862	100.0	100.0	99.9	99.2	97.2	93.7	88.9
13	0.03224	0.20	1.00	1.000	0.999	0.994	0.974	0.937	0.883	100.0	100.0	99.9	99.5	97.9	94.9	90.7
14	0.03472	0.21	1.00	1.000	1.000	0.996	0.980	0.949	0.901	100.0	100.0	100.0	99.7	98.5	95.9	92.2
15	0.03720	0.22	1.00	1.000	1.000	0.997	0.985	0.958	0.916	100.0	100.0	100.0	99.8	98.8	96.8	93.4
16	0.03967	0.22	1.00	1.000	1.000	0.998	0.989	0.966	0.929	100.0	100.0	100.0	99.8	99.1	97.4	94.5
17	0.04215	0.23	1.00	1.000	1.000	0.999	0.992	0.973	0.940	100.0	100.0	100.0	99.9	99.4	97.9	95.4
18	0.04463	0.24	1.00	1.000	1.000	0.999	0.994	0.978	0.949	100.0	100.0	100.0	99.9	99.5	98.3	96.1
19	0.04711	0.24	1.00	1.000	1.000	0.999	0.995	0.982	0.957	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	98.7	96.7
20	0.04959	0.25	1.00	1.000	1.000	1.000	0.996	0.986	0.963	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	98.9	97.2
21	0.05207	0.26	1.00	1.000	1.000	1.000	0.997	0.988	0.969	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.1	97.7
22	0.05455	0.26	1.00	1.000	1.000	1.000	0.998	0.991	0.974	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.3	98.1
23	0.05703	0.27	1.00	1.000	1.000	1.000	0.998	0.992	0.978	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.4	98.4
24	0.05951	0.28	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.994	0.981	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.6	98.6
25	0.06199	0.28	1.00	1.000	1.000	1.000	0.999	0.995	0.984	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.6	98.8



Gambar 5.7. Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga zona A



Gambar 5.8. Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga zona B



Gambar 5.9. Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga zona C

5.6 Analisa Stabilitas Timbunan

Analisa stabilitas timbunan untuk lahan reklamasi dihitung dengan menggunakan program XSTABL 5.2. Adapun hasil dari perhitungan dengan menggunakan program XSTABL 5.12 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.12. Hubungan Tinggi Timbunan dengan *Safety Factor*

Zona	Tinggi Timbunan (m)	SF		
		n : 1	n : 2	n : 3
A	6.2	0.187	0.233	0.272
B	7.2	0.39	0.406	0.408
C	8	0.169	0.198	0.209

Dari hasil perhitungan analisa timbunan dengan menggunakan program XSTABL 5.2 yang terdapat pada Tabel 5.12 di atas dapat disimpulkan bahwa timbunan dengan kemiringan (slope) 1:1, 1:2, dan 1:3 pada setiap zona lahan reklamasi tidaklah aman. Sehingga diperlukan perkuatan pada untuk meningkatkan stabilitas timbunan. Perkuatan yang direncanakan adalah dengan menggunakan cerucuk.

5.7 Perencanaan Cerucuk

Cerucuk digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Meningkatnya daya dukung tanah diakibatkan meningkatnya tahanan geser tanah karena adanya cerucuk.

Untuk menghitung kebutuhan cerucuk, terlebih dahulu menentukan kekuatan satu (tiang) cerucuk dalam menahan gaya horisontal timbunan. Sebelum menghitung kekuatan satu (tiang) cerucuk, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai dari faktor kekuatan relatif (T) dari cerucuk dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Dimana:

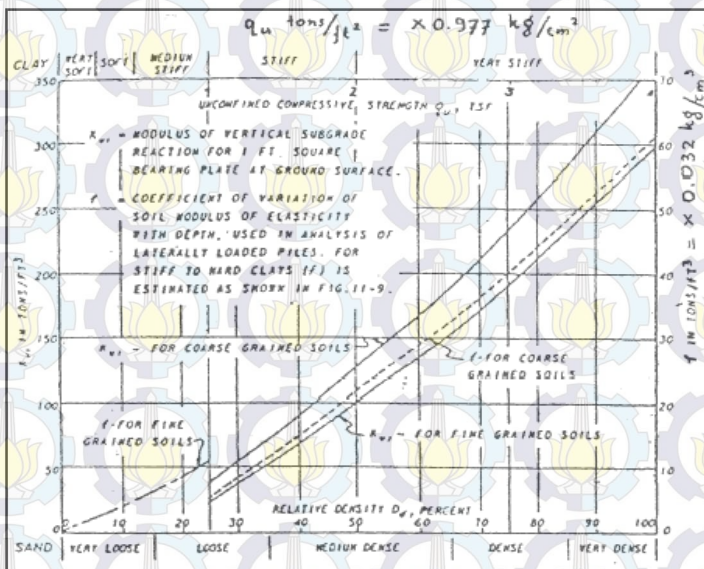
E = modulus elastis tiang (cerucuk), kg/cm²

I = momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³

T = faktor kekuatan relatif, cm

Harga f dapat dicari dengan menggunakan Gambar 5.10 (Design Manual, NAVFAC DM-7 1971)



Gambar 5.10. Kurva untuk menentukan harga f dari berbagai jenis tanah (NAVFAC DC-7, 1971)

Nilai T yang telah didapatkan digunakan untuk menghitung gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh satu tiang cerucuk dengan rumus:

$$P = \frac{M_p}{F_M \times T}$$

Dimana:

M_p = momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban P , kg-cm

F_M = koefisien momen akibat gaya lateral P

P = gaya horisontal yang dibebankan pada cerucuk, kg

T = faktor kekakuan relatif, cm

Harga F_M didapatkan dengan menggunakan Gambar 5.11 (Design Manual, NAVFAC DM-7 1971). Untuk mendapatkan nilai F_M pada Gambar 5.11 terlebih dulu merencanakan panjang cerucuk yang tertahan dibawah bidang gelincir (L).



Gambar 5.11. Grafik untuk menentukan besarnya F_M (NAVFAC DM-7, 1971)

Jika kekuatan bahan cerucuk dan dimensinya telah diketahui, maka momen maksimum lentur mikropile (M_p) adalah:

$$M_p = \frac{\sigma_{mak-bahan} \times I}{D/2}$$

Dimana:

σ_{mak} = tegangan tarik /tekan maksimum dari bahan cerucuk

I = momen inersia penampang cerucuk

D = diameter cerucuk (untuk cerucuk dengan bentuk penampang lingkaran)

Nilai M_p yang telah didapatkan dari hasil perhitungan digunakan untuk menghitung gaya maksimum (P_{maks}) yang dapat ditahan oleh satu cerucuk dengan formula:

$$P_{max} \text{ 1 cerucuk} = \frac{M_{p_{maks}} \text{ 1 cerucuk}}{F_M \times T} \cdot F_k$$

Setelah didapatkan kekuatan satu (tiang) cerucuk, maka kemudian menghitung banyaknya cerucuk yang dibutuhkan persatuan panjang. Hal pertama yang dilakukan adalah dengan menghitung gaya horisontal tambahan pada bidang gelincir (P_t) yang dibutuhkan untuk menambah kekuatan geser tanah. Gaya horisontal (P_t) tersebut kemudian direncanakan untuk dibebankan pada cerucuk. Untuk itu, momen dorong (M_D) yang terjadi akibat beban timbunan dan beban lain yang ada perlu dihitung dengan rumus:

$$M_D = \frac{M_R}{SF_{min}}$$

Dimana:

SF = angka keamanan (*safety factor*)

Setelah nilai M_D dan M_R didipat, langkah selanjutnya adalah menghitung momen penahan tambahan (ΔM_R) yang dibutuhkan untuk meningkatkan angka keamanan (SF) dengan cara:

- Menentukan anak keamanan rencana (SF_{renc})
 $SF_{renc} \geq 1,10$ untuk beban sementara
 $SF_{renc} \geq 1,50$ untuk beban tetap
- Menghitung momen penahan tambahan (ΔM_R)
 $\Delta M_R = (SF_{renc} - SF_{min}) \times M_D$

Nilai ΔM_R yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung besarnya gaya tambahan yang harus dipikul oleh cerucuk (Pt) dengan cara:

$$Pt = (\Delta M_R / R), \quad \text{dimana } R = \text{jari-jari kelongsoran}$$

Jumlah cerucuk (n) yang harus dipasang persatuan panjang adalah:

$$n = (Pt / P_{maks-1 \text{ mikropile}}) = [\Delta M_R / (R \times P_{maks-1 \text{ m cerucuk}})]$$

Contoh perhitungan:

Zona A

- Data tanah:

$$Cu = 0,036 \text{ kg/cm}^2$$

$$qu = 0,072 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,070 \text{ ton/ft}^2$$

Dari grafik NAVFAC, DM-7, 1971 didapatkan nilai f

$$f = 1,38 \text{ t/ft}^3$$

$$= 0,0442 \text{ kg/cm}^3$$

- Dari hasil perhitungan program XSTABL 5.2 didapatkan data sebagai berikut:

$$SF_{min} = 0,233$$

$$MR_{min} = 618 \text{ kNm}$$

$$R = 9,65 \text{ m}$$

(jari-jari kelongsoran)

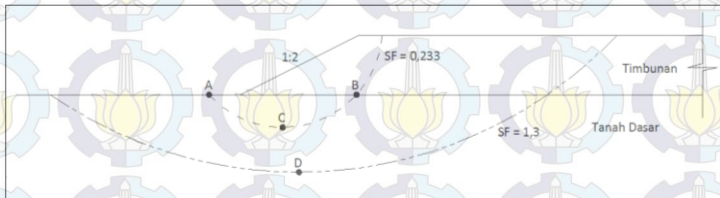
$$L_{bid. longsor} = 12.6 \text{ m}$$

(panjang bidang longsor)

$$SF_{renc} = 1,3$$

(direncanakan)

Gambar 5.12 menyajikan gambar sketsa bidang longsor hasil analisa dengan menggunakan program XSTABL 5.2.



Gambar 5.12. Sketsa bidang longsor timbunan zona A

- Data-data dari cerucuk yang digunakan:
Cerucuk yang digunakan merupakan cerucuk beton (mikropile)
 $b = 20 \text{ cm}$
 $h = 20 \text{ cm}$
 $L_a = 2,4 \text{ m}$ (panjang diatas bidang longsor)
 $L_b = 4,4 \text{ m}$ (panjang dibawah bidang longsor)
 $L_t = 6,8 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$ (panjang rencana mikropile)
 $E = 250000 \text{ kg/cm}^2$ (modulus elastis)
 $M_u = 298,8 \text{ t-cm}$ (momen ultimate)
 $I = 13333,33 \text{ cm}^4$
- Menghitung faktor kekuatan relative (T)
 $T = (EI / f)^{1/5}$
 $= (250000 \times 13333,33 / 0,0442)^{1/5}$
 $= 149,82$
- Koefisien momen akibat gaya lateral
 $L_b / T = 4.4 / 149,82$
 $= 0,029$
 $Z = 0 \text{ meter}$
 $F_M = 1$ (dari grafik NAVFAC, DM-7,1971)
- Gaya horisontal yang mampu dipikul 1 buah mikropile:
 $P = M_u / (F_M \times T)$
 $= 298,8 / (1 \times 149,82)$

$$= 1,9944 \text{ ton}$$

$$= 19,944 \text{ kN}$$

- Jumlah mikropile yang dibutuhkan:

$$M_{\text{dorong}} = MR_{\text{min}} / SF_{\text{min}}$$

$$= 618 / 0,233$$

$$= 2652,36 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_R = (M_{\text{dorong}} - MR_{\text{min}}) SF$$

$$= (2652,36 - 618) 1,3$$

$$= 2644,67 \text{ kNm}$$

$$n = \Delta M_R / (P \times R_{\text{jari-jari}})$$

$$= 2644,67 / (19,94 \times 9,65)$$

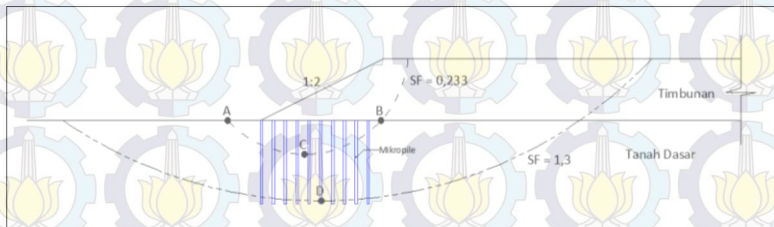
$$= 14 \text{ mikropile}$$

- Jarak antar mikropile :

$$S = \text{Panjang bidang longsor} / n$$

$$= 12,6 / 14$$

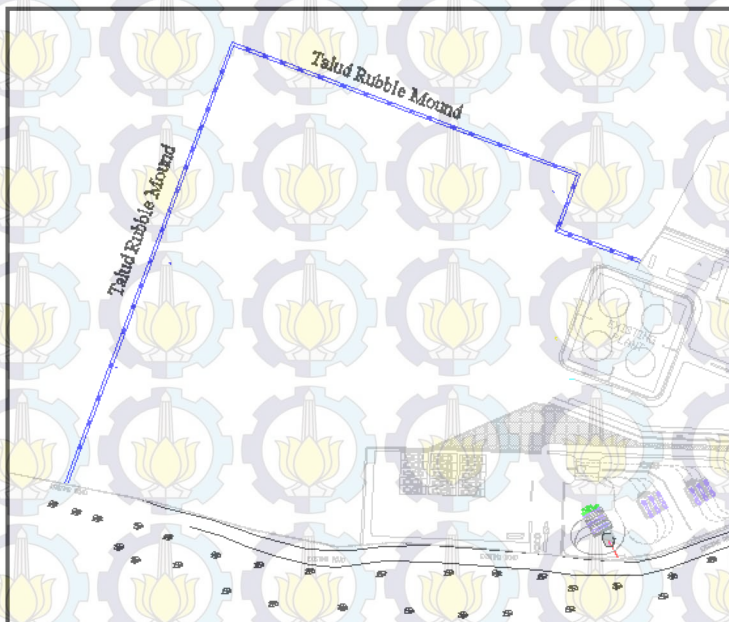
$$= 0,9 \text{ m} \approx 0,8 \text{ m}$$



Gambar 5.13. Sketsa pemasangan mikropile

5.8 Perencanaan *Shore Protection*

Lahan reklamasi yang terletak di pesisir pantai mengakibatkan adanya pengaruh gelombang yang dapat menyebabkan terjadinya erosi, sehingga perlu suatu pelindung pantai. Pada lahan reklamasi ini direncanakan bangunan pelindung pantai dengan tipe *rubble mound* yang mengelilingi lahan reklamasi di sisi bagian laut dari lahan reklamasi. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14. *Layout perencanaan shore protection*

Data Perencanaan

Sesuai dengan kriteria desain, maka parameter-parameter dalam perhitungan *shore protection* ini adalah sebagai berikut:

- Elevasi muka air pasang (HWL) : +0,96 mLWS
- Berat jenis armour (γ_r) (batu alam) : 2,50 – 2,65 t/m³
- Berat jenis air laut (γ_a) : 1,025 t/m³
- Sudu kemiringan : 1:2
- Koefisien stabilitas (K_D) : 1,6 (ujung)
: 2,0 (lengan)
- Koefisien lapis (K_Δ) : 1,0
- Porositas (P) : 37
- Dari hasil analisa gelombang yang telah dilakukan pada bab sebelumnya didapatkan tinggi gelombang rencana (H) sebesar 1,8 m dari arah Utara.

Perencanaan Berat Pelindung (Armour)

Digunakan formula dari Hudson seperti pada persamaan (2.38) untuk perencanaan berat pelindung pantai. Berat jenis armour yang direncanakan sebesar 2,5 ton/m³. Adapun perhitungan perencanaannya adalah sebagai berikut:

Lengan bangunan:

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_r^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cotg \theta} = \frac{2,5 \times 1,8^3}{2 \times \left(\frac{2,5}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 1,2 \text{ ton}$$

Ujung bangunan :

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_r^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cotg \theta} = \frac{2,5 \times 1,8^3}{1,6 \times \left(\frac{2,5}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 1,5 \text{ ton}$$

Lebar Puncak Shore Protection

Lebar puncak pelindung pantai direncanakan menggunakan perumusan Hudson yang diberikan pada persamaan

(2.39) dengan nilai $n = 3$ dan $\gamma_r = 2,5 \text{ ton/m}^3$. Adapun perhitungan perencanaannya adalah sebagai berikut:

Lengan bangunan:

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} = 3 \times 1,15 \left(\frac{1,2}{2,5} \right)^{1/3} = 2,36 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$$

Lengan bangunan:

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} = 3 \times 1,15 \left(\frac{1,5}{2,5} \right)^{1/3} = 2,55 \text{ m} \approx 2,55 \text{ m}$$

Tebal Lapis Pelindung

Direncanakan tebal lapis pelindung sesuai dengan persamaan (2.40) sebagai berikut:

Lengan bangunan:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{1,2}{2,5} \right)^{1/3} = 1,58 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$$

Ujung bangunan:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{1,5}{2,5} \right)^{1/3} = 1,7 \text{ m}$$

Jumlah Batu Pelindung

Jumlah butir batu pelindung tiap satu satuan luas (10m^2) diberikan oleh persamaan berikut:

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{2/3}$$

Lengan bangunan:

$$N = 10 \times 2 \times 1,15 \left(1 - \frac{37}{100} \right) \left(\frac{1,2}{2,5} \right)^{2/3} = 17 \text{ butir per } 10 \text{ m}^2$$

Ujung bangunan:

$$N = 10 \times 2 \times 1,15 \left(1 - \frac{37}{100} \right) \left(\frac{1,5}{2,5} \right)^{2/3} = 20 \text{ butir per } 10 \text{ m}^2$$

Pelindung Kaki (toe)

Berat butir batu untuk pelindung kaki bangunan diberikan oleh persamaan berikut:

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3}$$

dengan:

W : berat rerata butir batu (ton)

γ_r : berat jenis batu (ton/m³)

H : tinggi gelombang rencanan (m)

S_r : perbandingan antara berat jenis batu dan berat jenis air laut = γ_r / γ_a

N_s : angka stabilitas rencana antara berat jenis batu dan berat jenis air laut

$$W = \frac{2,5 \times 1,8^3}{2^3 \times \left(\frac{2,5}{1,025} - 1 \right)^3} = 0,6 \text{ ton}$$

Perencanaan Secondary Layer

Dalam SPM, 1984 dijelaskan bahwa berat pelindung *secondary layer* adalah sebesar $W/10$. Sehingga berat pelindung pada perencanaan dengan menggunakan berat jenis batuan sebesar $2,5 \text{ ton/m}^3$ didapatkan 28 kg pada lengan dan 35 kg pada ujung bangunan.

Tebal *secondary layer* dapat direncanakan dengan menggunakan perumusan sebagai berikut:

Lengan bangunan:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma r} \right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{0,12}{2,5} \right)^{1/3} = 1,10 \text{ m} \approx 1,0 \text{ m}$$

Ujung bangunan:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma r} \right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{0,15}{2,5} \right)^{1/3} = 1,18 \approx 1,0 \text{ m}$$

Di dalam SPM, 1984 ditetapkan bahwa tebal lapisan *secondary layer* minimum sebesar 0,3 m, sehingga pada saat pelaksanaan dapat digunakan tebal sebesar 1,0 m.

Lapisan permukaan reklamasi dilapisi oleh geotextile pada saat pelaksanaan *secondary layer*, hal ini dilakukan untuk mencegah terbawanya material reklamasi melalui rongga batuan akibat hisapan gelombang laut.

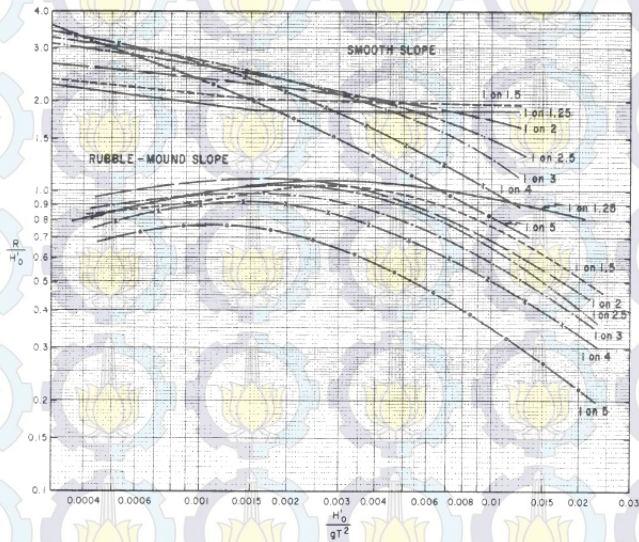
Elevasi Puncak Shore Protection

Elevasi puncak tanggul *shore protection* terhadap *Low Water Sea (LWS)*, dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

- Pasang surut air laut (HWL)
- *Wave Run-Up* (Ru)
- Tinggi bebas (1 m)

Jadi elevasi puncak *shore protection* merupakan penjumlahan dari faktor-faktor tersebut.

Dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.14 yang telah ditetapkan oleh SPM, 1984, maka penentuan tinggi *wave run-up* dapat dicari dengan memperhitungkan nilai $H_o/2T^2$ dan menggunakan grafik pada Gambar 5.14 di dapatkan nilai Ru/H_o . Diketahui gelombang pada lokasi setinggi 1,80 m (H_o) dengan periode 7,2 detik (T), maka didapatkan nilai H_o/gT^2 sebesar 0,0035. Sehingga didapatkan Ru/H_o sebesar 1,03 dan tinggi *run-up* sebesar 1,85 m.



Gambar 5.15. Grafik hubungan H_o/gT^2 dengan R/H_o
(U.S. Army, 1984)

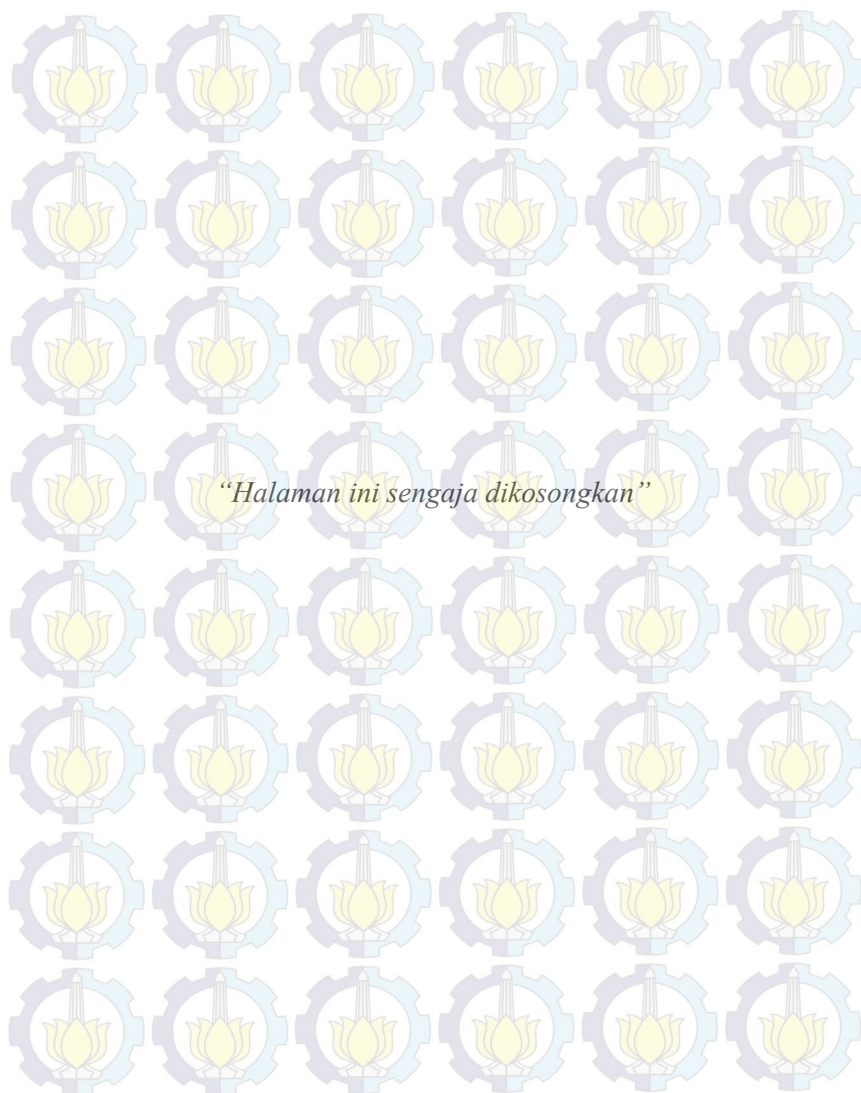
Tabel 5.13. Elevasi puncak *shore protection* pada tiap-tiap zona

	Zona A	Zona B	Zona C
Tinggi Muka Air Pasang (HWL)	+0.96 MLWS	+0.96 MLWS	+0.96 MLWS
Tinggi Run-Up (m)	1.85	1.85	1.85
Tinggi Bebas (m)	1.00	1.00	1.00
Settlement (m)	1.20	1.60	2.00
Elevas Puncak Shore Protection (MLWS)	5.0	5.4	5.8

Untuk rekapitulasi *shore protection* dan perlindungan kaki dapat dilihat pada Tabel 5.14 dibawah ini.

Tabel 5.14. Rekapitulasi dimensi *shore protection* dan pelindung kaki.

Dimensi	Lengan Bangunan	Ujung Bangunan
<u>Primary Armor:</u>		
Berat Jenis Batu (ton/m ³)	2.5	2.5
Berat Armor (ton)	1.2	1.5
Lebar Puncak (m)	2.5	2.5
Tebal Lapisan Pelindung (m)	1.5	1.7
Jumlah Batu Pelindung (buah/10m ²)	20	17
<u>Secondary Armor:</u>		
Berat Armor (ton)	0.12	0.15
Tebal Lapisan (m)	1.0	1.0
<u>Pelindung Kaki:</u>		
Berat Jenis Batu (ton/m ³)	2.5	2.5
Berat Pelindung Kaki (ton)	0.6	0.6
Tinggi Pelindung (t-2t) (m)	2.0	2.0
Lebar Pelindung (3H-5H) (m)	6.0	6.0



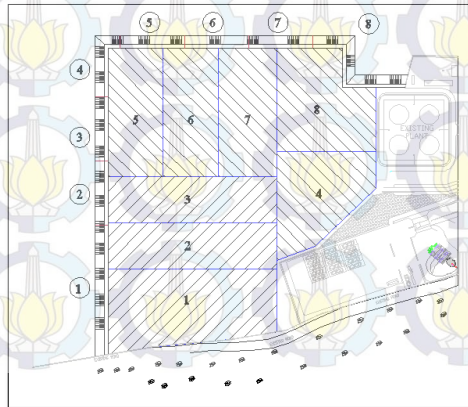
BAB VI METODE PELAKSANAAN

6.1 Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai metode pelaksanaan dari hasil perencanaan pada bab-bab sebelumnya, yaitu:

1. Tahap 1 : Pekerjaan *micropile*
2. Tahap 2 : Pemasangan talud batu
3. Tahap 3 : Pelaksanaan reklamasi
4. Tahap 4 : Pemasangan *shore protection*

Luasan lahan reklamasi sebesar $\pm 68.980 \text{ m}^2$ dibagi menjadi 8 segmen. Untuk pekerjaan talud dan *shore protection* dibagi menjadi 8 segmen juga, pada segmen 1 memiliki panjang 140m, sedangkan segmen 2 hingga 8 memiliki panjang 70 m. Secara umum pekerjaan talud dilakukan lebih dulu untuk segmen 1, kemudian untuk pekerjaan pengurugan lahan reklamasi segmen 1 dilakukan bersamaan dengan pekerjaan talud segmen 2. Langkah pekerjaan tersebut dilakukan hingga segmen terakhir pada masing-masing pekerjaan. Masing-masing segmen lahan reklamasi memiliki volume dan luasan yang berbeda-beda. Untuk pembagian pekerjaan pelaksanaan reklamasi dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1. Pembagian pelaksanaan pekerjaan reklamasi

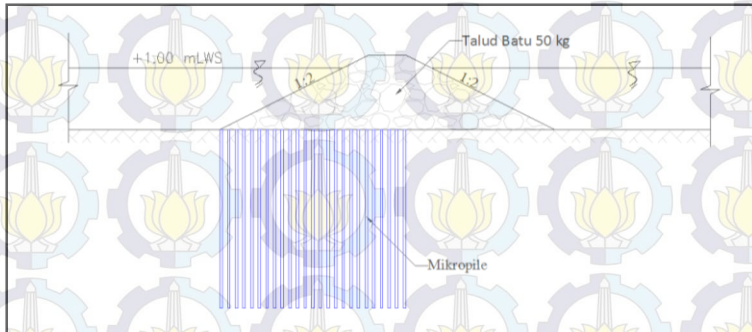
6.2 Persiapan

Tahap persiapan adalah tahapan pekerjaan yang dilakukan sebelum melakukan kegiatan konstruksi. Dalam pekerjaan persiapan ini dilakukan persiapan-persiapan yang berkenaan dengan pelaksanaan yang ada di darat maupun di laut. Adapun pekerjaan yang ada dalam tahap persiapan ini adalah sebagai berikut:

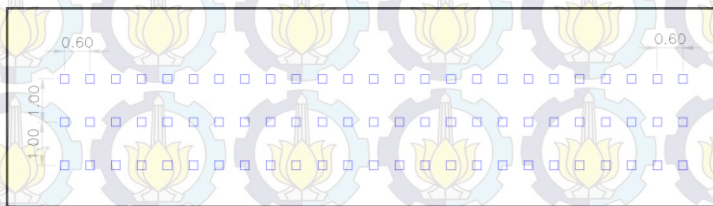
1. Pembersihan lahan, yaitu pekerjaan membersihkan lahan proyek baik di perairan pantai maupun darat dari bahan-bahan organik dan anorganik berupa sampah, bangkai pohon dan hal-hal yang dapat mengganggu jalannya pelaksanaan pekerjaan.
2. Pembuatan direksi keet, direksi keet adalah tempat untuk melakukan pekerjaan administrasi proyek, pengendalian pekerjaan, melaksanakan pengawasan, dan lain sebagainya.
3. Mobilisasi alat berat seperti roller vibro roller, dozer, dan lain-lain.
4. Pengadaan material konstruksi, seperti mikropile, semen, besi, dan lain sebagainya.

6.3 Pemasangan *Micropile*

Sesuai dengan perencanaan, tanggul dari lahan reklamasi didukung dengan perkuatan *micropile*. Pekerjaan pemasangan *micropile* ini dilakukan sebelum pekerjaan pemasangan tanggul batu. Pemasangan *micropile* ini dilakukan dengan pemancangan menggunakan alat berat *drop hammer*. Alat berat *drop hammer* ini dibantu dengan ponton dikarenakan pekerjaan pemasangan *micropile* dilakukan di atas perairan. Kedalaman dan pola pemasangan *micropile* 20x20 cm ini berbeda-beda sesuai dengan zona reklamasi yang telah direncanakan. Untuk lebih jelasnya mengenai kedalaman dan pola pemasangan *micropile* dapat dilihat pada Gambar 6.2 dan Gambar 6.3.



Gambar 6.2. Potongan melintang pemasangan micropile di bawah tanggul



Gambar 6.3. Pola pemasangan micropile per meter

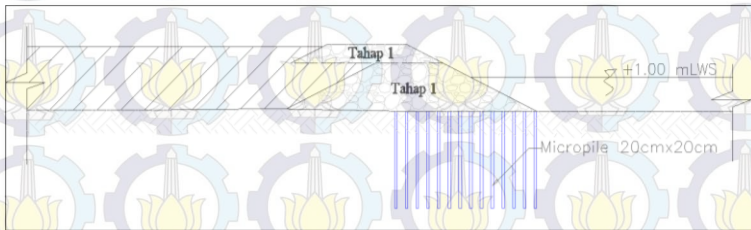
6.4 Pemasangan Tanggul Batu

Pekerjaan pemasangan tanggul batu dilakukan untuk melindungi area reklamasi dari terpaan gelombang laut. Hal lain yang diharapkan dari adanya tanggul ini adalah pencemaran akibat menyebarnya material reklamasi dapat diminimalisir. Material pelindung urugan pada bagian sisi yang menghadap laut berupa kerikil dan batu dengan berat 50 kg. Adapun peralatan yang akan digunakan dalam pelaksanaan tanggul batu ini adalah:

1. Kapal tongkang
2. *Excavator*
3. *Bulldozer*

Material pelindung reklamasi yang dibawa kapal tongkang dilengkapi oleh *excavator* yang berfungsi sebagai alat untuk

membuang membuat material kerikil ke area reklamasi. *Excavator* lain ditempatkan di darat berfungsi untuk menata material menjadi sebuah tanggul yang nantinya akan menjadi alur untuk melanjutkan proses pembuatan tanggul. Pemasangan tanggul ini dilakukan 2 tahap, tahap pertama dilakukan dari dasar perairan (*seabed*) hingga mencapai ketinggian muka air pasang, yaitu +2,00 mLWS, tahap kedua dilakukan dari +2,00 mLWS hingga +4,00 mLWS dengan sudut kemiringan 1:2. Setelah pekerjaan pemasangan talud batu selesai, kemudian talud batu ini akan mulai dilapisi oleh pelindung pantai (*shore protection*). Mengenai pemasangan talud, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.4 sampai Gambar 6.6.



Gambar 6.4. Sketsa pemasangan talud



Gambar 6.5. Proses penghamparan material tanggul



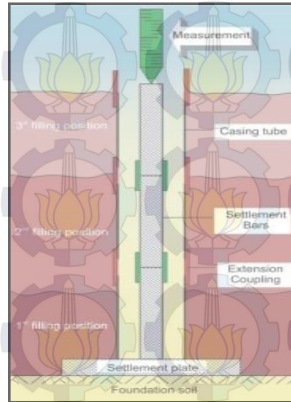
Gambar 6.6 Proses penataan material tanggul

6.5 Pemasangan *Instrument Soil Monitoring*

Pemasangan *instrument soil monitoring* ini dilakukan untuk memantau terjadinya *settlement* dan *sliding*. Pemasangan alat ini dilakukan sebelum pekerjaan penimbunan material reklamasi dilakukan. *Instrument soil monitoring* yang digunakan, antara lain:

- *Settlement Plate*

Settlement plate ini berupa plat 1m x 1m dengan pipa paralon berdiameter 3' vertikal. Alat ini berfungsi untuk melihat besarnya penurunan tanah asli. Pemasangan alat ini dilakukan di setiap luasan 50m x 50m hingga 300m x 300m di dasar timbunan (di atas tanah asli)



Gambar 6.7. Alat *settlement plate*

- *Inclinometer*

Inclinometer berupa tabung flexible 40cm x 40cm arah vertical dengan pendulum didalamnya. Alat ini berfungsi untuk mengetahui pergerakan horisontal tanah dan memprediksi kelongsoran. Alat ini diletakkan di kaki timbunan setiap jarak horisontal 200m – 500m dan dibenamkan sampai tanah yang relatif keras.



Gambar 6.8. *Inclinometer*

- **Piezometer**

Fungsi dari alat ini adalah untuk mengetahui kondisi *hydraulic hydrogeologic*, tegangan air pori, derajat konsolidasi, dan dapat memprediksi keruntuhan. Alat ini dipasang untuk luasan 200m x 2000m hingga 400m x 400m. agar pengukuran lebih akurat maka piezometer ini diletakkan pada empat level di dalam lapisan *compressible*. Diameter piezometer yang digunakan adalah 10 cm.

6.6 Pekerjaan Reklamasi

Dalam pelaksanaannya pekerjaan reklamasi dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

1. Pekerjaan pengurugan reklamasi
2. Pekerjaan *vertical drain*
3. Pekerjaan pemadatan

6.6.1 Pekerjaan Pengurugan Reklamasi

Pengurugan lahan reklamasi menggunakan material urugan yang berasal dari darat yang sesuai dengan spesifikasi pada perencanaan. Pengurugan lahan reklamasi dibagi menjadi 2 tahap, tahap awal pengurugan dari dasar laut (*seabed*) hingga +2 mLWS, pengurugan tahap kedua dimulai dari +2 mLWS hingga +4 mLWS. Pengangkutan material urugan reklamasi menggunakan dumptruck. Pengurugan dilakukan terus menerus hingga tinggi timbunan berada di atas muka air laut.

Material yang telah dituang oleh dumptruck kemudian diratakan dengan menggunakan bulldozer. Perataan material urugan yang dilakukan oleh bulldozer selain agar material urugan sejajar, juga berfungsi agar lahan reklamasi mudah dilalui oleh dumptruck dan alat berat lainnya.

6.6.2 Pekerjaan *Vertical Drain*

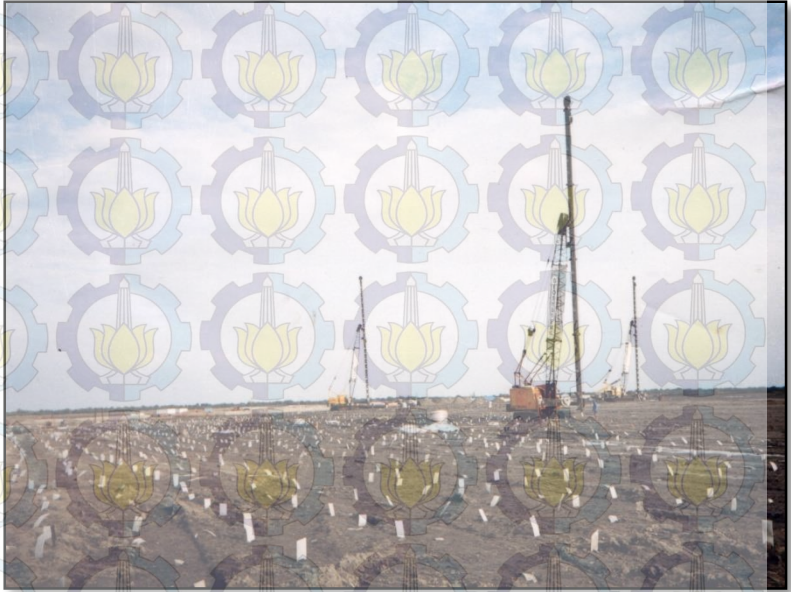
Pekerjaan pemasangan PVD dilakukan setelah pengurugan material reklamasi sampai pada elevasi +2,00 mLWS. Pada pekerjaan pemasangan PVD juga dilakukan pekerjaan penimbunan

sand blanket setebal 30 cm di atas dan di bawah ujung bagian atas PVD sebagai *horizontal drain* yang berfungsi untuk mengalirkan air secara horisontal.

Pemasangan PVD dilakukan sesuai dengan perhitungan perencanaan pada BAB V, yaitu dengan menggunakan pola pemasangan segitiga, ukuran PVD 0,5 cm x 10 cm, dan jarak pemasangan PVD 2 m.

Adapun urutan-urutan dari pekerjaan PVD adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan *static rig*
2. Menentukan titik pemancangan (pola segitiga) dengan memberikan tanda pada titik yang akan dilakukan pemancangan untuk mempermudah proses pemancangan.
3. Pemasangan gulungan pada crawler crane
4. Pemasangan sepatu plat pada ujung PVD
5. Pemancangan mandrel sampai pada elevasi yang telah direncanakan
6. Penarikan mandrel dari dalam tanah
7. Pemotongan bagian ujung atas PVD (30 cm di atas permukaan tanah)
8. Kegiatan dari 1 hingga 7 di atas dilakukan secara terus menerus.



Gambar 6.9. Proses pekerjaan PVD

6.6.3 Pekerjaan Pemadatan

Setelah pekerjaan pemasangan PVD dilakukan, kemudian dilakukan pekerjaan pemadatan. Pemadatan dilakukan secara bertahap dengan ketebalan tiap lapisan 50 cm. Pemadatan bertahap dengan ketebalan 50 cm ini dilakukan agar hasil dari pemadatan lebih optimum dibandingkan pemadatan yang dilakukan secara langsung.

Pekerjaan pemadatan ini dilakukan dengan menggunakan *bulldozer* dan *vibro roller*. *Bulldozer* berfungsi untuk meratakan material reklamasi sehingga memudahkan *vibro roller* dalam melakukan pemadatan.



Gambar 6.10. Proses pekerjaan pemadatan reklamasi

6.7 Pekerjaan Pemasangan *Shore Protection*

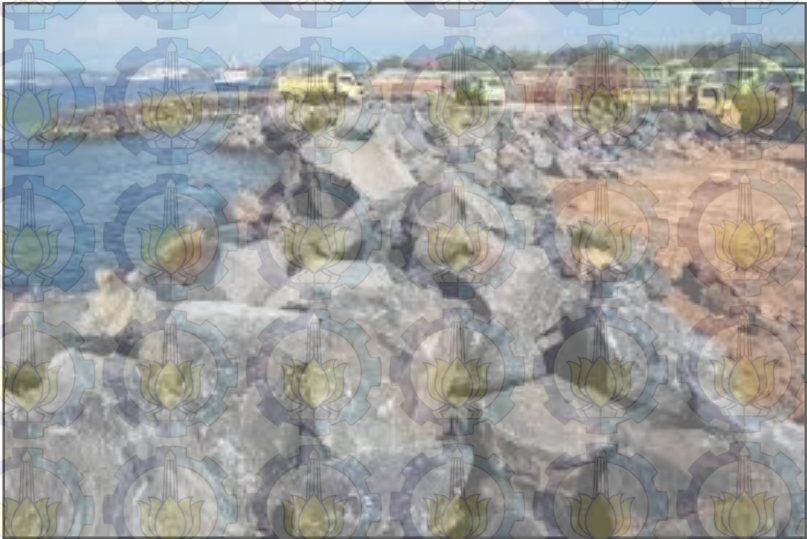
Pekerjaan pemasangan *shore protection* terdiri dari beberapa tahapan pekerjaan, yaitu pemasangan *berm*, *secondary layer*, dan *primary layer*. Pekerjaan pemasangan *berm* dilakukan setelah geotextile bagian bawah (dasar laut) sudah terpasang. *Secondary layer* yang materialnya berupa batuan dengan berat antara 28 kg hingga 35 kg dipasang di atas geotextile 55cm. Setelahnya pekerjaan *secondary layer*, dilakukan pekerjaan pemasangan *primary layer* menggunakan material batuan dengan berat antara 0,28-0,35 ton dengan ketebalan antara 1,1-1,2m .

Pekerjaan pemasangan *shore protection* dilakukan dari arah darat dengan menggunakan peralatan sebagai berikut:

1. *Dumptruck*
2. *Grabber Crane*

Batuan yang digunakan sebagian material *shore protection* diangkut menggunakan dumptruck dan diletakkan di

tepi lahan reklamasi dimana *shore protection* akan dipasang. Batu-batu tersebut kemudian disusun menggunakan *grabber crane*.



Gambar 6.11. Material *shore protection*

6.8 Waktu Pelaksanaan

Berdasarkan pembagian segmen tahapan pekerjaan pada sub bab sebelumnya, maka dapat dihitung volume untuk masing-masing tahapan pekerjaan pada setiap segmen. Dibawah ini (Tabel 6.1.) disajikan volume pekerjaan untuk tiap-tiap pekerjaan.

Tabel 6.1. Volume reklamasi untuk tiap-tiap pekerjaan

Fase	<i>Shore Protection</i> (m ³)	Talud Batu (m ³)	Timbunan Reklamasi (m ³)	Cerucuk (m)	<i>Vertical Drain</i> (m)
1	4905	7532	61204	18200	44386
2	4704	7223	43203	18200	27556
3	4751	7385	60231	19730	27556
4	4899	7892	34565	24500	23452
5	4939	8068	61463	24500	25200
6	4939	7991	59857	24500	25200
7	4939	7991	62199	24500	26758
8	4603	6863	49032	14420	26416
9	4208	4899	-	7056	-

Berdasarkan data volume pekerjaan di atas, maka lamanya waktu pekerjaan untuk masing-masing tahapan pekerjaan dapat dihitung. Adapun perhitungan untuk durasi pekerjaan tiap-tiap tahapan disajikan pada Tabel 6.2 hingga Tabel 6.8.

Tabel 6.2. Lama pekerjaan talud (Seabed s/d +2.00 mLWS)

Fase	Volume Timbunan (m3)	Pelaksanaan perhari (m3)	Jumlah Truck (/jam)	Waktu Pelaksanaan (minggu)
1	6228	600	3	1
2	5972	600	3	1
3	6064	600	3	1
4	6350	400	2	2
5	6526	400	2	2
6	6448	400	2	2
7	6448	400	2	2
8	5734	400	2	2
9	4056	400	2	1

Tabel 6.3. Lama pekerjaan talud (+2.00 mLWS s/d +4.00 mLWS)

Fase	Volume Timbunan (m3)	Pelaksanaan perhari (m3)	Jumlah Truck (/jam)	Waktu Pelaksanaan (minggu)
1	1304	200	1	1
2	1250	200	1	1
3	1321	200	1	1
4	1542	200	1	1
5	1542	200	1	1
6	1542	200	1	1
7	1542	200	1	1
8	1129	200	1	1
9	843	200	1	1

Tabel 6.4. Lama pekerjaan reklamasi (Seabed s/d +2.00 mLWS)

Fase	Volume Timbunan (m3)	Pelaksanaan perhari (m3)	Jumlah Truck (/jam)	Waktu Pelaksanaan (minggu)
1	37532	2400	12	2
2	28507	2400	12	2
3	45534	2400	12	3
4	23308	2400	12	1
5	44663	2400	12	3
6	43057	2400	12	3
7	44361	2400	12	3
8	36353	2400	12	2

Tabel 6.5. Lama pekerjaan reklamasi (+2.00 mLWS s/d +4.00 mLWS)

Fase	Volume Timbunan (m3)	Pelaksanaan perhari (m3)	Jumlah Truck (/jam)	Waktu Pelaksanaan (minggu)
1	23673	2400	12	1
2	14697	2400	12	1
3	14697	2400	12	1
4	11257	2400	12	1
5	16800	2400	12	1
6	16800	2400	12	1
7	17839	2400	12	1
8	12680	2400	12	1

Tabel 6.6. Lama pekerjaan *shore protection*

Fase	Volume Timbunan (m3)	Pelaksanaan perhari (m3)	Jumlah Truck (/jam)	Waktu Pelaksanaan (minggu)
1	4905	400	2	2
2	4704	400	2	2
3	4751	400	2	2
4	4899	400	2	2
5	4939	400	2	2
6	4939	400	2	2
7	4939	400	2	2
8	4603	400	2	2
9	4208	400	2	2

Tabel 6.7. Lama pekerjaan pemasangan cerucuk

Fase	Panjang Total Cerucuk (m)	Pelaksanaan perhari (m)	Jumlah Drop Hummer (/hari)	Waktu Pelaksanaan (minggu)
1	18200	1500	3	2
2	18200	1500	3	2
3	19730	1500	3	2
4	24500	1500	3	2
5	24500	1500	3	2
6	24500	1500	3	2
7	24500	1500	3	2
8	14420	1500	3	1
9	7056	1500	3	1

Tabel 6.8. Lama pekerjaan pemasangan PVD

Fase	Panjang Total <i>Vertical Drain</i> (m)	Pelaksanaan perhari (m)	Jumlah <i>Crawler Crane</i> (/hari)	Waktu Pelaksanaan (minggu)
1	44386	2000	5	3
2	27556	2000	5	2
3	27556	2000	5	2
4	23452	2000	5	2
5	25200	2000	5	2
6	25200	2000	5	2
7	26758	2000	5	2
8	26416	2000	5	2

Keterangan:

- Kapasitas truck = 10 m³
- Jam kerja efektif = 20 jam/ perhari

Dari hasil perhitungan lama pekerjaan pada tiap-tiap pekerjaan di atas, maka dapat disusun penjadwalan pekerjaan secara keseluruhan. Penjadwalan pekerjaan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9 *Time schedule* pelaksanaan reklamasi

[illegible]

BAB VII RENCANA ANGGARAN BIAYA

7.1 Umum

Pada bab Rencana Anggaran Biaya ini dijelaskan tentang prosedur dan cara menganalisa biaya secara keseluruhan dalam pembangunan reklamasi. Adapun prosedurnya adalah:

1. Penentuan harga material dan upah
2. Analisa harga satuan
3. Rencana anggran biaya

7.2 Harga Material dan Upah

Harga material dan upah diambil dari “Harga Satuan Bahan dan Upah Kerja serta Harga Sewa Peralatan di Propinsi Banten Tahun 2014”. Berikut disajikan tentang rincian daftar harga material pada Tabel 7.1, daftar harga sewa peralatan pada Tabel 7.2, dan daftar harga upah pekerja (Tabel 7.3)

7.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan berisi tentang jumlah kebutuhan bahan, tenaga maupun peralatan yang diperlukan dalam setiap bagian pekerjaan. Analisa harga satuan dapat dilihat pada Tabel 7.4 sampai Tabel 7.6.

Tabel 7.1. Harga material

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp)
1	Pasir cor	m3	180,000.00
2	Pasir pasang	m3	180,000.00
3	Sirtu	m3	290,000.00
4	Tanah Urug	m3	80,000.00
5	Batu pecah 2/3	m3	210,000.00
6	Semen Portland	Zak	65,000.00
7	Kawat Bendrat	kg	21,000.00
8	Multiplex 12 mm	lembar	160,000.00
9	Kayu meranti (balok)	m3	3,255,000.00
10	Kayu meranti (papan)	m3	3,100,000.00
12	Dolken kayu gelam (8-10/400)	batang	35,000.00
13	Gel. BJLS 30 uk. (80cmx180cm)	lembar	150,000.00
14	Paku	kg	24,200.00
15	Ready mix concrete (K350)	m3	860,000.00
16	Solar	Ltr	7,500.00
17	Oli	Ltr	60,000.00
18	Addictive beton	Ltr	42,280.00
19	Epoxy coating	kg	200,000.00
21	PVD 0,5x10 cm	m	5,000.00
22	Geotextile	m2	20,000.00
23	Micropile 20/20 cm	m	100,000.00

Tabel 7.2. Daftar harga upah pekerja

No	Uraian	Satuan	Harga
1	Mandor	org/hari	85,000.00
2	Kepala tukang kayu	org/hari	83,000.00
3	Tukang kayu	org/hari	80,000.00
4	Kepala tukang besi	org/hari	83,000.00
5	Tukang besi	org/hari	80,000.00
6	Kepala tukang batu	org/hari	83,000.00
7	Tukang batu	org/hari	80,000.00
8	Pekerja terampil	org/hari	83,000.00
9	Pekerja/buruh	org/hari	75,000.00
10	Surveyor geodesi	org/hari	200,000.00
11	Penyelam	org/hari	300,000.00

Tabel 7.3. Daftar harga sewa alat

No	Uraian	Satuan	Harga (Rp)
1	Theodolit	hari	400,000.00
2	Concrete vibrator	jam	60,000.00
3	Concrete pump	jam	550,000.00
4	Ponton	jam	450,000.00
5	Bulldozer	jam	440,000.00
6	Excavator	jam	380,000.00
7	Motor grader	jam	425,000.00
8	Vibrator roller	jam	150,000.00
9	Grabber crane	jam	250,000.00
10	Crawler crane	jam	250,000.00
11	Hammer tiang pancang	jam	200,000.00
12	Dump truk (10 ton)	jam	300,000.00

Tabel 7.4. Analisa harga satuan

No	Uraian Pekerjaan	Koef.	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pembersihan Lahan		m²		
	Upah:				
	Mandor	0.005	Org/hari	90,000.00	450.00
	Penyelam	0.001	Org/hari	300,000.00	300.00
	Jumlah				750.00
2	Pembuatan pagar pengaman		m		
	Upah:				
	Mandor	0.1	Org/hari	90,000.00	9,000.00
	Kepala tukang kayu	0.33	Org/hari	88,000.00	29,040.00
	Tukang kayu	3.3	Org/hari	86,000.00	283,800.00
	Pekerja/buruh	3	Org/hari	80,000.00	240,000.00
	Bahan:				
	Kayu meranti (5/7)	0.012	m ³	3,255,000.00	39,060.00
	Kayu meranti (2/20)	0.008	m ³	3,100,000.00	24,800.00
	Paku	4	kg	24,200.00	96,800.00
	Jumlah				722,500.00
3	Pembuatan direksi keet		m²		
	Upah:				
	Mandor	0.05	Org/hari	90,000.00	4,500.00
	Kepala tukang kayu	0.3	Org/hari	88,000.00	26,400.00
	Tukang kayu	2	Org/hari	86,000.00	172,000.00
	Tukang batu	1	Org/hari	86,000.00	86,000.00
	Pekerja/buruh	2	Org/hari	80,000.00	160,000.00
	Bahan:				
	Dolken kayu gelam	1.25	Batang	35,000.00	43,750.00
	Kayu meranti kaso 5/7	0.18	m ³	3,255,000.00	585,900.00
	Paku 2"-5"	0.85	kg	24,200.00	20,570.00
	Besi plat strip	1.1	kg	15,000.00	16,500.00
	Semen portland (50kg)	0.7	zak	65,000.00	45,500.00
	Pasir pasang	0.15	m ³	180,000.00	27,000.00
	Pasir beton	0.1	m ³	180,000.00	18,000.00
	Batu pecah mesin 2/3	0.15	m ³	210,000.00	31,500.00
	Batu merah (kelas 1)	30	buah	600.00	18,000.00
	Gel. BULS 30 uk. (80cmx180cm)	0.25	lembar	150,000.00	37,500.00
	Kaca polos tbl 3mm	0.08	m ²	100,000.00	8,000.00
	Kunci tanam	0.15	buah	250,000.00	37,500.00
	Lapis triplek 0.4cm	0.06	lembar	65,000.00	3,900.00
	Jumlah				1,342,520.00

Tabel 7.5. Analisa harga satuan (lanjutan)

4	Pembuatan bouwplank		m		
	Upah:				
	Mandor	0.005	org/hari	85,000.00	425.00
	Surveyor geodesi	0.05	org/hari	200,000.00	10,000.00
	Kepala tukang kayu	0.01	org/hari	83,000.00	830.00
	Tukang kayu	0.1	org/hari	80,000.00	8,000.00
	Pekerja/iburuh	0.1	org/hari	75,000.00	7,500.00
	Bahan:				
	Kayu meranti (papan 2/20)	0.0042	m ³	3,100,000.00	13,020.00
	Kayu meranti (usuk 5/7)	0.0039	m ³	3,255,000.00	12,694.50
	Paku	0.02	kg	24,200.00	484.00
	Alat:				
	Theodolit	0.05	set	400,000.00	20,000.00
	Jumlah				72,953.50
5	Pekerjaan pemasangan talud batu		m³		
	Upah:				
	Mandor	0.075	org/hari	85,000.00	6,375.00
	Kepala tukang batu	0.075	org/hari	83,000.00	6,225.00
	Tukang batu	0.75	org/hari	80,000.00	60,000.00
	Pekerja/iburuh	1.5	org/hari	75,000.00	112,500.00
	Bahan:				
	Batu kali belah 15/20	1.2	m ³	210,000.00	252,000.00
	Obi	1	lir	60,000.00	60,000.00
	Solar	0.25	lir	7,500.00	1,875.00
	Alat:				
	Ponton	0.042	Jam		
	Dump Truck	0.004	Jam	300,000.00	1,200.00
	Excavator	0.018	Jam	380,000.00	6,840.00
	Bulldozer	0.026	Jam	440,000.00	11,440.00
	Jumlah				518,455.00
6	Pengurangan material reklamasi dan pematatan		m³		
	Upah:				
	Mandor	0.021	org/hari	85,000.00	1,785.00
	Pekerja terampil	0.25	org/hari	83,000.00	20,750.00
	Bahan:				
	Tanah Urug	1.20	m ³	80,000.00	96,000.00
	Obi	0.25	lir	60,000.00	15,000.00
	Solar	1	lir	7,500.00	7,500.00
	Alat:				
	Dump Truck	0.004	Jam	300,000.00	1,200.00
	Vibrator roller	0.0004	Jam	150,000.00	60.00
	Bulldozer	0.0028	Jam	440,000.00	1,232.00
	Motor grader	0.0028	Jam	425,000.00	1,190.00
	Jumlah				144,717.00

Tabel 7.6. Analisa harga satuan (lanjutan)

7	Pengadaan dan pemasangan PVD		m		
Upah:					
Mandor	0.021	org/hari		85,000.00	1,785.00
Pekerja terampil	0.1	org/hari		83,000.00	8,300.00
Bahan:					
PVD 0.5x10cm	1	m		5,000.00	5,000.00
Alat:					
Crawler crane	0.0023	Jam		250,000.00	575.00
	Jumlah				15,660.00
8	Pekerjaan Geotextile				
Upah:					
Mandor	0.0182	org/hari		85,000.00	1,547.00
Pekerja terampil	0.0820	org/hari		83,000.00	6,806.00
Bahan:					
Geotextile	1	m ²		20,000.00	20,000.00
	Jumlah				28,353.00
9	Pemasangan batu kali 15/20 (shore protection)		m³		
Upah:					
Mandor	0.017	org/hari		85,000.00	1,445.00
Kepala tukang batu	0.015	org/hari		83,000.00	1,245.00
Tukang batu	0.15	org/hari		80,000.00	12,000.00
Pekerja/buruh	0.35	org/hari		75,000.00	26,250.00
Bahan:					
Batu kali pecah 15/20cm	1.2	m ³		210,000.00	252,000.00
oli	0.25	litr		60,000.00	15,000.00
Solar	1	litr		7,500.00	7,500.00
Alat:					
Dump Truck	0.004	Jam		300,000.00	1,200.00
Graber Crane	0.0007	Jam		250,000.00	175.00
	Jumlah				316,815.00
10	Pemancangan Tiang Pancang ml 200m)		m		
Upah:					
Mandor	0.1250	org/hari	Rp	85,000.00	Rp 10,625.00
			Jumlah:		Rp 10,625.00
Bahan:					
Tiang Pancang 20/20 cm	1.0000	m	Rp	100,000.00	Rp 100,000.00
			Jumlah:		Rp 100,000.00
Sewa Peralatan:					
Ponton	0.042	Jam	Rp	250,000.00	Rp 10,500.00
Sewa Crane 30 ton	0.2180	Jam	Rp	250,000.00	Rp 54,500.00
Sewa Hammer tiang pancang	0.2180	Jam	Rp	200,000.00	Rp 43,600.00
	Jumlah				Rp 98,100.00

7.4 Rencana Anggaran Biaya

Dalam perencanaan anggaran biaya ini, tahapan pekerjaan yang dihitung meliputi:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan pemasangan cerucuk
3. Pekerjaan reklamasi
4. Pekerjaan pemasangan *shore protection*

Berikut ini adalah rincian kebutuhan biaya tiap tahapan pekerjaan yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 7.7.

7.7. Rencana anggaran biaya

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan Lahan	68980	m2	725.00	50,010,228.50
2	Pembuatan Pagar Pengamanan	295	m	685,550.00	202,168,695.00
3	Pembuatan Bouwplank	1106	m	72,953.50	80,671,980.30
5	Pembuatan Direksi Keet dan Gudang	150	m2	1,312,770.00	196,915,500.00
Jumlah					529,766,403.80
II Pekerjaan Reklamasi					
1	Pekerjaan Cerucuk	175606	m	98,100.00	17,226,948,600.00
2	Pemasangan Talud Batu	65845	m3	518,455.00	34,137,430,890.13
3	Pengurugan Lahan Reklamasi dan Pematatan	370550	m3	144,717.00	53,624,903,167.44
4	Pemasangan <i>Vertical Drain</i>	226525	m	15,660.00	3,547,375,445.37
5	Pekerjaan Geotextile	18175	m2	28,353.00	515,326,909.43
6	Pemasangan <i>Shore Protection</i>	42886	m3	316,815.00	13,586,974,221.40
Jumlah					122,638,959,233.77
Jumlah Total					123,168,725,637.57
PPN 10%					12,316,872,563.76
Jumlah Akhir					135,485,598,201.33
Dibulatkan					135,485,598,000.00



BAB VIII KESIMPULAN

8.1. Pekerjaan Reklamasi

8.1.1 Perhitungan tinggi awal timbunan

Berdasarkan perhitungan Bab V didapatkan tinggi pelaksanaan sebagai berikut:

Tabel 8.1. Tinggi pelaksanaan timbunan reklamasi

Zona	H-final	H-initial	Sc (m)
A	5.00	6.20	1.20
B	5.50	7.20	1.70
C	6.00	8.00	2.00

8.1.2 Perencanaan *Vertical Drain*

Hasil perencanaan *vertical drain* didapatkan jarak pemasangan 2 m dengan pola pemasanga segitiga. Hasil perencanaan vertical drain tersebut berlaku untuk semua zona.

8.2. Perencanaan Micropile

Pada perencanaan *micropile* ini menggunakan micropile dengan dimensi 20cm x 20 cm dengan panjang berbeda-beda pada tiap zona. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 8.2 di bawah ini.

Tabel 8.2. Hasil perencanaan *micropile*

Zona	Dimensi			Jumlah
	Tinggi (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	
A	0.2	0.2	7	14
B	0.2	0.2	10	26
C	0.2	0.2	14	25

8.3. Dimensi *Shore Protection*

Penentuan dimensi *shore protection* ini sesuai dengan perumusan yang diberikan *Hudson*. Sehingga di dapatkan dimensi *shore protection* sebagai berikut:

Tabel 8.3. Hasil perhitungan *shore protection*

Dimensi	Lengan Bangunan	Ujung Bangunan
Primary Armor:		
Berat Jenis Batu (ton/m^3)	2.5	2.5
Berat Armor (ton)	1.2	1.5
Lebar Puncak (m)	2.5	2.5
Tebal Lapisan Pelindung (m)	1.5	1.7
Jumlah Batu Pelindung (buah/10m^2)	20	17
Secondary Armor:		
Berat Armor (ton)	0.12	0.15
Tebal Lapisan (m)	1.0	1.0
Pelindung Kaki:		
Berat Jenis Batu (ton/m^3)	2.5	2.5
Berat Pelindung Kaki (ton)	0.6	0.6
Tinggi Pelindung (t-2t) (m)	2.0	2.0
Lebar Pelindung (3H-5H) (m)	6.0	6.0

8.4. Rencana Anggaran Biaya

Total anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pembangunan reklamasi dan *shore protection* berdasarkan BAB VII adalah sebesar Rp 135.485.598.000,- (Seratus tiga puluh lima milyar empat ratus delapan puluh lima juta lima ratus Sembilan puluh delapan ribu rupiah).

SURVEYOR INDONESIA Jakarta Branch				SOIL INVESTIGASI DI AREA RENCANA JETTY BARU, RENCANA JALUR PIPA DAN RENCANA REKLAMASI DI TERMINAL LPG TANJUNG SEKONG - BANTEN														SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT OF MACHINE BORING SAMPLES									
No.	Location	Test Number	Sampel Number	Depth	Index Properties										Engineering Properties												
					Gradation		Classification		Atterberg				Natural State				Triaxial UU		Consolidation								
					Gravel (%)	Sand (%)	Silt-Clay (%)	UCGS	AASHTO	GS	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	It (gr/cm ³)	ρ _{dry} (gr/cm ³)	e (%)	n (%)	sr (%)	qu (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	φ (°)	Cv (cm/sec)	MV (cm ² /sec)	K (cm/sec)		
1	TANJUNG SEKONG MERAK WAS - BANTEN	BH-6	DS-1	8.00 - 8.50	29.83	54.22	15.95	SM	A-3	2.880	NP	NP	NP	20.625	1.903	1.578	0.699	41.134	79.104	-	0.0064	35.5359	-	-	-		
DS-2		11.00 - 11.50	27.50	52.66	19.84	SM	A-3	2.712	NP	NP	NP	NP	21.035	1.897	1.567	0.730	42.208	78.109	-	0.0174	34.1530	-	-	-			
DS-3		14.00 - 14.50	4.64	15.93	79.13	CL	A-7	2.679	40.020	11.337	28.683	34.625	1.862	1.383	0.937	48.372	96.002	-	0.1267	24.9384	-	-	-				
DS-4		17.00 - 17.50	5.00	13.67	81.13	CL	A-7	2.675	40.740	12.079	28.661	32.125	1.900	1.438	0.860	46.242	99.903	-	0.0265	28.1468	-	-	-				
5		BH-7	DS-1	2.50 - 3.00	32.15	46.11	21.74	SP	A-2-6	2.701	NP	NP	NP	23.023	1.905	1.548	0.744	42.670	83.551	-	0.0616	30.4896	-	-	-		
DS-2		5.00 - 5.50	34.90	53.71	11.39	SP	A-2-6	2.692	NP	NP	NP	NP	19.526	1.932	1.616	0.665	39.956	79.991	-	0.0010	32.7232	-	-	-			
DS-3		8.00 - 8.50	31.29	56.43	12.28	SP	A-2-6	2.735	NP	NP	NP	NP	20.552	1.843	1.529	0.769	44.102	71.243	-	0.0094	35.4387	-	-	-			
DS-4		10.50 - 11.00	30.10	57.27	12.53	SP	A-2-6	2.722	NP	NP	NP	NP	17.264	1.729	1.472	0.849	45.926	55.330	-	0.0062	28.4896	-	-	-			
DS-5		14.50 - 15.00	2.75	7.29	89.96	CH	A-7-5	2.673	69.592	24.013	45.579	46.528	1.735	1.184	1.257	55.702	99.903	1.569	0.016	6.066	4.14E-03	0.061	0.356				
DS-6		17.00 - 17.50	33.17	62.30	14.53	SP	A-2-6	2.713	NP	NP	NP	NP	22.032	1.853	1.518	0.787	44.030	75.981	-	0.0482	27.8905	-	-	-			
DS-7		20.50 - 21.00	34.34	51.08	14.80	SP	A-2-6	2.720	NP	NP	NP	NP	20.925	1.868	1.561	0.742	42.599	76.692	-	0.0328	28.2625	-	-	-			
DS-8		23.00 - 23.50	2.89	10.58	86.53	CL	A-7	2.681	40.009	15.345	24.664	33.625	1.875	1.403	0.911	47.662	98.993	-	0.0503	27.5905	-	-	-				
DS-9		26.50 - 27.00	31.89	54.51	13.50	SP	A-2-6	2.714	NP	NP	NP	NP	35.125	1.873	1.366	0.958	48.927	89.511	-	0.0080	34.5529	-	-	-			
14			BH-8	UDS-1	2.50 - 3.00	0.65	6.43	92.92	MH	A-7-5	2.305	90.928	43.172	47.756	64.562	1.437	0.673	1.640	62.121	90.772	0.072	0.009	2.958	4.10E-03	0.085	0.518	
UDS-2			4.50 - 5.00	0.39	6.99	92.62	MH	A-7-5	2.486	79.020	42.672	33.348	50.365	1.508	1.001	1.482	59.717	84.493	0.217	0.028	3.852	4.10E-03	0.084	0.390			
UDS-3	7.00 - 7.50		1.22	6.46	92.32	CH	A-7-6	2.654	64.988	24.111	40.877	51.763	1.695	1.117	1.376	57.917	99.819	1.050	0.333	4.392	4.10E-03	0.085	0.403				
DS-1	10.00 - 10.50		2.15	5.63	92.22	CH	A-7-6	2.664	67.199	23.932	43.257	48.500	1.716	1.166	1.305	56.623	98.978	1.300	0.169	5.826	4.12E-03	0.083	0.376				
DS-2	14.50 - 15.00		1.81	5.75	92.44	CH	A-7-6	2.675	68.619	25.355	43.264	40.518	1.677	1.193	1.241	55.395	87.308	0.333	0.182	5.023	4.13E-03	0.081	0.302				
DS-3	17.00 - 17.50		0.21	5.63	94.16	CH	A-7-6	2.667	64.929	23.724	41.205	48.528	1.720	1.168	1.303	56.579	99.322	1.228	0.152	5.809	4.10E-03	0.085	0.375				
DS-4	20.00 - 20.50		1.48	5.31	93.21	MH	A-7-5	2.668	75.402	42.109	33.293	49.850	1.715	1.144	1.331	57.104	99.910	1.083	0.134	5.640	4.09E-03	0.086	0.386				
DS-5	15.00 - 15.50		1.43	8.00	90.57	CH	A-7-6	2.678	66.583	24.289	42.294	45.962	1.750	1.199	1.234	55.230	99.775	1.681	0.201	7.887	4.12E-03	0.083	0.351				
DS-6	26.00 - 26.50		2.04	7.35	90.61	CH	A-7-6	2.679	67.265	24.177	43.088	38.263	1.820	1.316	1.035	50.865	99.021	2.022	0.244	8.516	4.14E-03	0.080	0.281				
23		DS-7	28.50 - 29.00	26.68	54.99	15.33	SP	A-2-6	2.745	NP	NP	NP	NP	20.650	1.905	1.579	0.739	42.479	76.756	-	0.0982	31.5666	-	-	-		
DS-8		32.00 - 32.50	2.00	14.30	83.70	CL	A-7	2.685	47.395	21.210	26.185	30.526	1.915	1.467	0.830	46.358	68.739	-	0.0072	26.2931	-	-	-				
DS-9		35.00 - 35.50	4.00	12.62	83.18	CL	A-7	2.680	45.631	20.210	25.421	43.985	1.717	1.192	1.247	55.504	84.500	-	0.0062	26.2625	-	-	-				
26		BH-9	DS-1	3.00 - 3.50	27.53	54.33	18.14	SM	A-3	2.507	NP	NP	NP	NP	27.350	1.650	1.291	0.943	48.521	74.076	-	0.0057	10.4435	-	-	-	
UDS-1			6.00 - 6.50	0.98	5.41	93.61	MH	A-7-5	2.385	89.392	41.253	38.139	64.380	1.345	0.818	1.815	65.693	80.187	0.144	0.018	3.874	4.10E-03	0.066	0.513			
UDS-2			9.00 - 9.50	0.00	4.84	95.16	CH	A-7-6	2.567	92.646	23.681	68.995	54.461	1.520	0.964	1.609	61.605	66.911	0.289	0.036	4.293	4.11E-03	0.084	0.427			
UDS-3			13.00 - 13.50	0.00	4.84	95.16	CH	A-7-6	2.650	76.485	22.300	54.185	53.870	1.645	1.069	1.479	59.657	96.539	1.083	0.134	4.654	4.12E-03	0.083	0.422			
30		DS-2	16.50 - 17.00	1.05	7.17	91.78	CH	A-7-6	2.675	70.654	23.536	47.118	42.060	1.760	1.239	1.159	53.682	97.053	1.950	0.248	5.875	4.13E-03	0.081	0.316			
DS-3		19.00 - 19.50	1.00	8.97	90.03	CH	A-7-6	2.678	76.896	22.331	54.525	35.970	1.805	1.327	1.017	50.429	94.687	2.672	0.345	8.954	4.15E-03	0.078	0.261				
DS-4		23.00 - 23.50	2.30	10.72	86.98	CL	A-7	2.666	42.503	13.603	28.900	36.556	1.845	1.351	0.968	49.699	99.380	3.464	0.280	6.505	4.15E-03	0.076	0.265				
DS-5		27.00 - 27.50	1.50	12.67	85.83	CL	A-7	2.680	36.364	13.603	22.761	37.645	1.825	1.326	1.021	50.527	98.784	3.683	0.822	10.203	-	-	-				
33																											

SURVEYOR INDONESIA Jakarta Branch					SOIL INVESTIGASI DI AREA RENCANA JETTY BARU, RENCANA JALUR PIPA DAN RENCANA REKLAMASI DI TERMINAL LPG TANJUNG SEKONG - BANTEN														SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT OF MACHINE BORING SAMPLES									
No.	Location	Test Number	Sample Number	Depth (m)	Index Properties										Engineering Properties													
					Gradation		Classification		Atterberg		Natural State				Triaxial UU		Consolidation											
					Gravel (%)	Sand (%)	SH-Clay (%)	UCGS AASHTO	OS (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Wn (%)	lit (gram ³)	e (%)	n (%)	sr (%)	qu (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	φ (°)	Cv (cm/sec)	MW (cm ³ /sec)	K (cm/sec)					
34			DS-6	29.00 - 28.50	8.07	14.64	77.29	CL	A-7	2.990	38.418	12.295	26.123	1.856	1.366	0.989	49.223	99.566	4.333	0.927	12.689	-	-	-				
35			DS-7	34.00 - 34.50	6.02	13.22	80.76	CL	A-7	2.887	40.186	13.488	26.696	1.867	1.390	0.933	48.273	98.832	4.333	0.867	13.976	-	-	-				
36	BH-10	DS-1		2.50 - 3.00	0.80	4.61	84.48	MH	A-7.5	2.285	96.357	52.733	43.624	1.205	0.732	2.120	67.953	69.567	0.144	0.006	3.611	4.08E-03	0.069	0.518	3.94E-07			
UDS-1			6.00 - 6.50	0.00	4.57	95.43	MH	A-7.5	2.406	96.341	51.068	47.262	1.345	0.811	1.898	66.306	80.589	0.217	0.008	4.172	4.05E-03	0.091	0.530	3.99E-07				
UDS-2			8.50 - 9.00	0.00	4.97	95.03	CH	A-7.6	2.539	92.809	26.861	65.918	1.496	0.957	1.654	62.316	86.533	0.289	0.001	2.896	4.08E-03	0.087	0.445	3.05E-07				
UDS-3			12.50 - 13.00	1.17	5.88	93.25	CH	A-7.6	2.568	84.112	25.498	58.614	1.475	0.973	1.640	62.125	96.376	0.850	0.084	4.020	4.07E-03	0.089	0.509	3.92E-07				
UDS-4			15.00 - 15.50	0.00	6.07	93.63	CH	A-7.6	2.670	70.065	25.168	44.917	1.605	1.017	1.624	61.895	99.520	1.372	0.016	5.846	4.09E-03	0.087	0.462	3.83E-07				
DS-2			18.50 - 19.00	0.00	5.72	94.26	CH	A-7.6	2.699	68.487	24.495	43.992	1.639	1.040	1.595	61.464	98.230	1.228	0.452	4.722	4.10E-03	0.086	0.485	3.78E-07				
DS-3			22.50 - 23.00	0.00	5.59	94.41	CH	A-7.6	2.660	63.924	23.546	40.378	1.687	1.158	1.323	56.951	98.380	1.950	0.233	6.877	4.12E-03	0.082	0.377	3.85E-07				
DS-4			24.50 - 25.00	0.11	8.59	91.50	CH	A-7.6	2.965	65.228	23.337	41.891	1.605	1.705	1.132	1.372	57.636	99.056	2.311	0.283	7.040	4.12E-03	0.083	0.392	3.89E-07			
DS-5			27.00 - 27.50	0.08	10.30	89.62	CL	A-7	2.669	43.605	18.810	24.795	1.645	1.775	1.234	1.179	54.111	99.987	-	0.0174	26.5284	-	-	-	-			
DS-6		29.00 - 29.50	2.29	12.53	85.18	CL	A-7	2.706	43.084	16.458	26.876	1.606	1.810	1.288	1.099	52.358	99.472	-	0.0248	27.1124	-	-	-	-				
DS-7		30.00 - 30.50	1.26	10.32	88.42	CL	A-7	2.716	40.069	17.051	23.038	1.606	1.830	1.320	1.057	51.368	98.187	-	0.0554	25.9383	-	-	-	-				
DS-8		32.50 - 33.00	2.42	18.51	79.07	CL	A-7	2.669	41.132	16.449	24.663	1.606	1.816	1.302	1.066	51.591	99.883	-	0.0154	28.8284	-	-	-	-				
DS-1	BH-11			2.50 - 3.00	1.21	5.28	93.51	MH	A-7.5	2.416	95.777	52.679	43.068	1.405	0.839	1.879	65.260	86.582	0.217	0.018	2.054	4.08E-03	0.088	0.545	3.87E-07			
UDS-1			7.00 - 7.50	2.23	6.26	91.51	CH	A-7.6	2.550	67.743	25.569	42.174	1.539	0.842	1.706	63.041	94.626	0.578	0.024	2.687	4.09E-03	0.086	0.508	3.80E-07				
UDS-2			9.00 - 9.50	0.00	4.24	95.76	CH	A-7.6	2.850	68.179	25.000	43.179	1.650	1.068	1.416	58.606	98.314	1.011	0.087	2.748	4.11E-03	0.084	0.429	3.71E-07				
DS-2			12.00 - 12.50	0.14	4.38	95.48	CH	A-7.6	2.860	65.068	23.753	41.315	1.650	1.080	1.093	1.433	58.895	99.802	1.517	0.017	3.090	4.12E-03	0.083	0.420	3.67E-07			
DS-3			15.00 - 15.50	0.08	4.17	95.75	CH	A-7.6	2.675	78.127	24.767	53.360	1.606	1.692	1.107	1.416	58.604	99.765	2.064	0.220	6.890	4.13E-03	0.082	0.413	3.63E-07			
DS-4			18.50 - 19.00	1.06	10.66	88.26	CL	A-7	2.719	46.638	13.415	33.223	1.606	1.754	1.194	1.276	56.071	99.797	1.733	0.869	13.939	4.12E-03	0.083	0.359	3.67E-07			
DS-5			21.00 - 21.50	1.20	12.50	86.30	CL	A-7	2.668	42.842	13.415	28.427	1.606	1.705	1.137	1.346	57.368	99.936	2.239	0.151	8.013	4.11E-03	0.084	0.386	3.73E-07			
DS-6			24.00 - 24.50	6.11	14.71	79.18	CL	A-7	2.872	45.348	12.718	30.630	1.606	1.875	1.087	1.459	59.333	98.180	-	0.0174	26.5284	-	-	-	-			
DS-7			27.00 - 27.50	11.33	9.10	79.57	CL	A-7	2.878	42.827	13.460	28.337	1.606	1.875	1.160	1.310	58.713	98.884	-	0.0236	27.6805	-	-	-	-			
DS-8		29.00 - 29.50	10.22	13.89	75.89	CL	A-7	2.895	42.100	11.733	30.367	1.606	1.875	1.137	1.369	57.785	99.590	-	0.0185	25.9383	-	-	-	-				
DS-9		32.50 - 33.00	8.18	12.70	79.12	CL	A-7	2.890	43.515	12.554	30.961	1.606	1.549	0.944	1.648	64.880	93.163	-	0.0103	26.2625	-	-	-	-				

LOKASI BH 08

STANDARD PENETRATION TEST BH 08					
KEDALAMAN	N _{1/15}	N _{2/15}	N _{3/15}	N ₂ +N ₃	KETERANGAN
1,50 - 1,95	1/45				
3,50 – 3,95	1/15	1/15	2/15	3/30	
5,50 – 5,95	1/15	3/15	4/15	7/30	
7,50 – 7,95	4/15	4/15	7/15	11/30	
9,50-9,95	5/15	7/15	10/15	17/30	
11,55-12,00	5/15	8/15	10/15	18/30	
13,50-13,95	5/15	9/15	17/15	26/30	
15,55-16,00	5/15	8/15	13/15	21/30	
17,50-17,95	4/15	7/10	10/15	17/30	
19,55-19,95	4/15	6/15	9/15	15/30	
21,50-21,95	8/15	10/15	13/15	23/30	
23,55-24,00	8/15	13/15	15/15	28/30	
25,50-25,95	7/15	12/15	16/15	28/30	
27,50-27,95	9/15	19/15	28/15	47/30	
29,50-30,00	11/15	21/15	32/15	53/30	
31,50-31,95	17/15	24/15	39/15	63/30	
33,50-33,95	17/15	27/15	38/15	65/30	

LOKASI BH 09

STANDARD PENETRATION TEST BH 09					
KEDALAMAN	N _{1/15}	N _{2/15}	N _{3/15}	N ₂ +N ₃	KETERANGAN
1,50-1,95	1/45				
3,50-3,95	1/45				
5,50-5,95	1/15	1/15	1/15	2/30	
7,50-7,95	1/15	2/15	2/15	4/30	
9,55-10,00	3/15	4/15	7/15	11/30	
11,55-12,00	4/15	6/15	9/15	15/30	
13,55-14,95	6/15	7/15	10/15	17/30	
15,50-15,95	8/15	12/15	17/15	29/30	
17,50-17,95	7/15	10/15	17/15	27/30	
19,55-20,00	8/15	17/15	20/15	37/30	
21,50-21,95	9/15	18/15	22/15	40/30	
23,50-23,95	11/15	20/15	27/15	47/30	
25,50-25,95	11/15	22/15	29/15	51/30	
27,50-27,95	13/15	24/15	32/15	56/30	
29,50-30,00	15/15	29/15	35/15	64/30	
31,50-31,95				>60	
33,50-33,95				>60	

LOKASI BH 10

STANDARD PENETRATION TEST BH 10					
KEDALAMAN	N _{1/15}	N _{2/15}	N _{3/15}	N ₂ +N ₃	KETERANGAN
1,50-1,95	1/15	1/15	1/15	2/30	
3,50-3,95	1/15	1/15	1/15	2/30	
5,50-5,95	1/15	1/15	2/15	3/30	
7,55-8,00	2/15	2/15	2/15	4/30	
9,50-9,95	2/15	2/15	2/15	4/30	
11,50-11,95	3/15	3/15	6/15	9/30	
13,55-14,00	4/15	6/15	10/15	16/30	
15,55-16,00	4/15	8/15	11/15	19/30	
17,50-17,95	5/15	7/15	10/15	17/30	
19,55-20,00	6/15	9/15	12/15	21/30	
21,50-21,95	8/15	10/15	17/15	27/30	
23,50-23,95	7/15	13/15	19/15	32/30	
25,50-25,95	9/15	16/15	20/15	36/30	
27,50-27,95	11/15	18/15	22/15	40/30	
29,50-29,95	18/15	28/15	35/15	63/30	
31,50-31,95	20/15	31/15	30/10	61/25	
33,50-34	17/15	29/15	33/15	62/30	

LOKASI BH 11

STANDARD PENETRATION TEST BH 11					
KEDALAMAN	N _{1/15}	N _{2/15}	N _{3/15}	N ₂ +N ₃	KETERANGAN
1,50-1,95	1/15	1/15	1/15	2/30	
3,50-3,95	1/15	1/15	2/15	3/30	
5,50-5,95	1/15	1/15	2/15	3/30	
7,55-8,00	3/15	4/15	4/15	8/30	
9,55-10,00	4/15	6/15	8/15	14/30	
11,50-11,95	7/15	9/15	12/15	21/30	
13,55-14,00	7/15	10/15	17/15	27/30	
15,50-15,95	7/15	11/15	18/15	29/30	
17,55-18,00	6/15	10/15	14/15	24/30	
19,55-20,00	7/15	9/15	13/15	22/30	
21,50-21,95	9/15	13/15	18/15	31/30	
23,50-23,95	10/15	15/15	21/15	36/30	
25,50-25,95	11/15	29/15	35/15	64/30	
27,50-27,95	10/15	21/15	32/15	53/30	
29,50-29,95	10/15	28/15	23/15	51/30	
31,50-31,95	9/15	25/15	35/15	60/30	
33,50-34,00	28/15	36/15	30/15	66/30	

LOKASI BH 07

STANDARD PENETRATION TEST BH 07					
KEDALAMAN	N _{1/15}	N _{2/15}	N _{3/15}	N ₂ +N ₃	KETERANGAN
1,50-1,95	8/15	17/15	28/15	45/30	
3,50-3,95	12/15	21/15	35/15	56/30	
5,50-5,95	21/15	27/15	32/15	59/30	
7,55-8,00	20/15	25/15	33/15	58/30	
9,55-10,00	25/15	30/15	30/15	60/30	
11,50-11,95	8/15	15/15	21/15	36/30	
13,55-14,00	8/15	14/15	19/15	33/30	
15,50-15,95	9/15	12/15	17/15	29/30	
17,55-18,00	11/15	15/15	18/15	33/30	
19,55-20,00	10/15	14/15	18/15	32/30	
21,50-21,95	12/15	17/15	20/15	37/30	
23,50-23,95	17/15	20/15	27/15	47/30	
25,50-25,95				>60	
27,50-27,95				>60	
29,50-30,00				>60	

LOKASI BH 05

STANDARD PENETRATION TEST BH 05					
KEDALAMAN	N _{1/15}	N _{2/15}	N _{3/15}	N ₂ +N ₃	KETERANGAN
1,50-1,95	9/15	14/15	17/15	31/30	
3,50-3,95	11/15	15/15	19/15	34/30	
5,50-5,95	18/15	21/15	29/15	50/30	
7,55-8,00	17/15	20/15	29/15	49/30	
9,55-10,00	19/15	23/15	30/15	53/30	
11,50-11,95	10/15	15/15	21/15	36/30	
13,55-14,00	10/15	17/15	21/15	38/30	
15,50-15,95	11/15	20/15	24/15	44/30	
17,55-18,00	10/15	19/15	25/15	44/30	
19,55-20,00	13/15	21/15	27/15	48/30	
21,50-21,95	19/15	25/15	30/15	55/30	
23,50-23,95	19/15	27/15	29/15	56/30	
25,50-25,95	20/15	24/15	37/15	61/30	
27,50-27,95	19/15	25/15	35/15	60/30	
29,50-30,00				>60	



DAFTAR PUSTAKA

CERC, 1984. **Shore Protection Manual**. Washington U.S Army Corp of Engineering.

Das, B.M. 1993. **Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geotek)**. Jakarta: Erlangga.

Mochtar, I B. 2000. **Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)**. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil FTSP ITS.

Triatmodjo, Bambang. 1999. **Teknik Pantai**. Yogyakarta: Beta Offset

Wahyudi, Herman. 1999. **Teknik Reklamasi**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.

Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.

Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. **Diktat Pelabuhan**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.

BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Muhlis Haryadi lahir di Sapeken 23 Maret 1988 yang merupakan putra ke-2 dari 5 bersaudara. Sebelumnya penulis pernah mengenyam pendidikan di SDN Laok Jang-jang II Arjasa, SLTP Ibrahimy Situbondo dan SMA Takmiriyah. Setelah menyelesaikan studinya di SMAN 1 Singkawang, Penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri Diploma III Teknik Sipil – FTSP ITS. Pada tahun 2012, Penulis melanjutkan studi ke jenjang sarjana di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3112 105 052. Di Jurusan Teknik Sipil ini, Penulis mengambil bidang studi perhubungan sebagai Tugas Akhirnya.